

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

СЕВЕРГЕОЭКТЕХ

**МАТЕРИАЛЫ XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЁЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«СЕВЕРГЕОЭКТЕХ-2024»**

(28 – 29 марта 2024 г)

Часть 1



Ухта
УГТУ
2024

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
МАТЕРИАЛЫ XXV МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЁЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2024»
(28-29 марта 2024 года)

Часть 1

УДК [5+6](061.3)
ББК 94

К 65

Материалы XXV Международной молодёжной научной конференции «СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2024» (28–29 марта 2024 г.; Ухта). В 2 ч. Ч. 1.
К
65 СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ-2024: материалы конференции / под редакцией Р. В. Агинеи. В 2 ч. Ч. 1. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2024. – 458 с. : ил. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-88179-841-3 (серия)
ISBN 978-5-604-9231-9-1

Международная молодежная научная конференция «Севергеоэкотех», которая проводится в Ухтинском государственном техническом университете с 2000 года, служит площадкой для научного диалога молодых исследователей России и зарубежья. Тематика конференции включает актуальные вопросы из области естественных и точных наук, техники и технологий в нефтегазопромысловом деле, строительстве, лесном комплексе, а также из области информационных технологий и ряда общественных наук.

В 2024 году на конференцию было представлено 342 доклада по 18 секциям.

УДК [5+6](061.3)
ББК 94

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, профессор Р. В. Агинеи (гл. редактор); канд. техн. наук, доцент Д. А. Борейко (зам. гл. редактора); канд. техн. наук Е. В. Тетеревлева; канд. техн. наук Д. Л. Коптяев; канд. техн. наук, доцент С. В. Каменских; канд. физ-мат. наук, доцент Ю. Г. Смирнов; канд. техн. наук, доцент Е. Н. Мотрюк; канд. техн. наук, доцент Л. И. Мучкинова; канд. техн. наук доцент Т. В. Бобылева; канд. техн. наук М. В. Терентьева; канд. техн. наук, доцент В. В. Дуркин; канд. техн. наук, доцент В. Л. Савич; канд. техн. наук, доцент П. В. Кожевникова; канд.техн.наук М. В. Коломинова; канд.техн.наук, доцент Е. В. Нор; канд.техн.наук, доцент Н. П. Богданов; канд. геол.-минерал. наук, доцент В. Б. Ростовщиков; ст. преп. Т. А. Григорьева; д-р географ. наук, доцент Г. Г. Осадчая; канд. экон. наук, профессор А. В. Павловская; начальник НИЧ М. А. Денисов; канд. техн. наук И. Д. Киборт (научный секретарь); А. В. Матросова (секретарь).

Материалы, помещённые в настоящий сборник, даны в авторской редакции с минимальными правками.

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка: В. В. Конева.

© Ухтинский государственный технический университет, 2024

ISBN 978-5-88179-841-3 (серия)
ISBN 978-5-604-9231-9-1

План 2024 г., позиция 002(н).
Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman.
Уч.-изд. л. 24,1. Заказ № 389.

Ухтинский государственный технический университет.
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО И. О. РЕКТОРА УГТУ, ПРОРЕКТОРА ПО ЭКОНОМИКЕ И ФИНАНСАМ МАЛЬЦЕВА К. Р.	11
ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД	12
Вопросы оптимизации технологического комплекса производства технического углерода с использованием отходящих газов в качестве сырья для извлечения товарного водорода (на примере ООО «Газпром переработка» - Сосногорский газоперерабатывающий завод) <i>Белякова А. А., Борейко Д. А.</i>	12
СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	19
Оптимизация алгоритмов работы газоперекачивающего агрегата компрессорной станции <i>Бырканов С. В.</i> <i>Научный руководитель – Семяшкина Е. И.</i>	19
Эффективное управление приводом ленточного конвейера <i>Тарамов Ю. Х., Сайнов Б. К.</i>	22
Текущее состояние электроэнергетической системы Вьетнама и решения для накопления электроэнергии <i>Нгуен Ван Тхань</i> <i>Научный руководитель – Бельский А. А.</i>	24
Измерительные мосты. Их виды, использование и унификация <i>Дементьев И. А., Базарова А. М.</i>	28
Анализ системы прямого управления моментом на основе трехуровневого автономного инвертора с фиксированной нейтральной точкой <i>Нгуен Тхе Хиен</i>	34
Диагностика надёжности солнечных электростанций /Diagnostics of solar power plants reliability <i>Чукилев А. Е., Вайник К. В.</i> <i>Научный руководитель – Полетаев С. В.</i>	37
Способы частотного регулирования синхронного электродвигателя <i>Винокуров С. И.</i> <i>Научный руководитель - Старцев А. Э.</i>	39
Методы прогнозирования выработки солнечной электроэнергии с помощью нейронных сетей <i>Карабанов Б. Д., Каргин К. А.</i> <i>Научный руководитель – Тетеревлева Е. В.</i>	43
Расчет оптимального диаметра установки постоянных магнитов в роторах высокооборотных синхронных машин <i>Щетинин Е. В.</i> <i>Научный руководитель – Кирякин А. А.</i>	46
Исследование применения МГД преобразователей в металлургии <i>Туголукова И. А., Базанова Е. Ю.</i> <i>Научный руководитель – Щетинин Е. В.</i>	50
Реализация регулятора напряжения возбуждения на языке моделирования Simscape <i>Белых В. В.</i> <i>Научный руководитель – Хохлов М. В.</i>	54
Высокоскоростные синхронные генераторы с постоянными магнитами <i>Полетаева С. Н.</i> <i>Научный руководитель – Щетинин Е. В.</i>	62

Исследование использования магнитоэлектрических датчиков для повышения точности измерения в автоматике <i>Нугуманов Г. Р.</i> <i>Научный руководитель – Басыров Р. Р.</i>	65
Управление на основе нечеткой логики в гибридных энергосистемах <i>Базарова А. М., Отев К. С.</i>	66
СЕКЦИЯ 2. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО	70
Судьба безымянного проезда в городе Ухта <i>Рыженкова Е. В.</i> <i>Научный руководитель – Зуева И. Л.</i>	70
Реабилитация «страшных» мест в типовой общеобразовательной школе»: на примере СОШ №2 им. Налимова в с. Выльгорт <i>Сосипатрова А. А.</i> <i>Научный руководитель – Зуева И. Л.</i>	74
Объекты для сбора мусора в городе: история развития, нормы, архитектурно-художественный аспект <i>Рыжакова А. А.</i> <i>Научный руководитель – Зуева И. Л.</i>	79
Соучаствующее исследование школьного пространства: на примере школы №2 имени Налимова в Выльгорте <i>Овчинникова Ю. С.</i> <i>Научный руководитель – Коптяев Д. Л.</i>	82
Концепция дизайна школьной среды <i>Томилова В. А.</i> <i>Научный руководитель – Коптяев Д. Л.</i>	87
Мастерская «Школа мечты» <i>Оленич Г. С.</i> <i>Научный руководитель – Зуева И. Л.</i>	91
Анализ уровня озеленения территорий города Ухты <i>Видзон М. А.</i> <i>Научный руководитель – Михайленко Е. В.</i>	94
Система внутреннего подогрева промышленных площадок в районе приравненных к Крайнему Северу <i>Иванов Г. С.</i> <i>Научный руководитель - Киборт И. Д.</i>	99
«Лицо» общеобразовательной школы имени В. П. Налимова в Выльгорте <i>Борисова В. В.</i> <i>Научный руководитель – Зуева И. Л.</i>	103
Анализ потенциала источников энергии для тепловых насосов <i>Элдышев А. Ю.</i> <i>Научный руководитель – Михайленко Е. В.</i>	110
Сравнение двух методов расчетов осадки свайных фундаментов <i>Федоренко Д. Д.</i> <i>Научный руководитель – Девальтовский Е. Э.</i>	115
Исследование теплофизических свойства грунта <i>Гапотченко А. А., Мальцев К. А.</i> <i>Научный руководитель – Киборт И. Д.</i>	123

СЕКЦИЯ 3. БУРЕНИЕ	129
Влияние различных сред на объемные характеристики глины: исследование и оценка <i>Маринин Д. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>129</i>
К вопросу использования растворов на углеводородной основе на Чаяндинском месторождении <i>Паламарчук В. И.</i>	
<i>Научный руководитель – Уляшева Н. М.</i>	<i>136</i>
История развития наклонно-направленного бурения. От истоков к современности <i>Пыстин Г. С.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>139</i>
Сравнительный анализ результатов исследований полимеров на основе целлюлозы и экзополисахаридов, используемых для регулирования реологических и фильтрационных характеристик буровых растворов <i>Варанкина Ю. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>142</i>
Исследование влияния времени и температурного фактора на изменение структурно-механических свойств и реологических характеристик глинистых растворов, содержащих полимерные реагенты <i>Дымов В. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>147</i>
Анализ современных систем промысловых жидкостей при проводке скважин в разрезах, представленных терригенными породами <i>Вяткин К. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>154</i>
Естественное искривление скважин: основные факторы и причины искривления <i>Попов Н. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>157</i>
Анализ передаваемой информации о свойствах бурового раствора на соответствие его реальным данным <i>Крюков В. М.</i>	
<i>Научный руководитель – Михеев М. А.</i>	<i>160</i>
Перспективная комбинация технологических жидкостей для установки жидкостных ванн <i>Савченко В. С.</i>	
<i>Научный руководитель – Михеев М. А.</i>	<i>164</i>
Исследование влияния концентрации смазочных добавок различных видов на коэффициент трения при обработке глинистых суспензий <i>Лабутин К. П.</i>	
<i>Научный руководитель – Цуканова А. Н.</i>	<i>167</i>
Исследование смазочной способности буровых растворов при использовании смазочных агентов различной природы <i>Политов Н. М.</i>	
<i>Научный руководитель – Уляшева Н. М.</i>	<i>170</i>
Анализ качества крепления скважин, пробуренных на ачимовские отложения в пределах Уренгойского НГКМ <i>Лысенко А. С., Трохов В. В., Логачёв Ю. Л.</i>	
<i>Научный руководитель – Вороник А. М.</i>	<i>176</i>
Теоретические подходы к выносу шлама из скважины при ламинарном течении вязкопластичной жидкости <i>Трохов В. В., Вороник А. М., Логачёв Ю. Л.</i>	<i>182</i>

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА	187
К вопросу состава песка Халактырского пляжа на Камчатке <i>Ширинкина В. М.</i>	
<i>Научный руководитель – Панкратова К. В.</i>	187
Об одном старинном геологическом споре. Новые доказательства космической теории происхождения нефти <i>Култашев А. К.</i>	
<i>Научный руководитель – Демченко Н. П.</i>	190
Перспективы открытия новых месторождений углеводородов в пределах Лайско-Лодминского палеосовода Денисовской впадины <i>Голиков Н. Р.</i>	
<i>Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.</i>	194
Особенности геологического строения и комплекс геолого-геофизических исследований для опоискования Югид-Вуктыльской площади <i>Осколкова М. Д.</i>	
<i>Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.</i>	199
Выделение зон трещиноватости горных пород на основе сейсмоакустических методов и МОГТ-3D <i>Сабельников М. Ю.</i>	
<i>Научный руководитель – Вельтистова О. М.</i>	203
История развития горного дела в Узбекистане <i>Хайдаров О. Ш., Рахмонов О. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Заборовская В. В.</i>	208
Хроматография в жизни человека <i>Сирота А. В., Бабариков Д. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Овчарова Т. А.</i>	214
Изучение гранулометрического состава пород триасового возраста в центральной части Коротайхинской впадины <i>Потолицына А. В., Пуртова А. Д.</i>	
<i>Научный руководитель – Маракова И. А.</i>	218
Оценка применения перфорационных систем щадящего воздействия на цементный камень на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении <i>Уторов Д. А.</i>	
<i>Научный руководитель - Умняев В. Г.</i>	223
Газонефтеносность и комплекс геолого-геофизических исследований по разведке Юрвож-Большелягского месторождения <i>Легостаев Н. Ю.</i>	
<i>Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.</i>	230
Катастрофические землетрясения в истории <i>Орлов А. В.</i>	
<i>Научный руководитель - Берг Н. В.</i>	232
Современная геологоразведка: беспилотники и искусственный интеллект <i>Бурдейный А. Э.</i>	
<i>Научный руководитель – Сбитнева Я. С.</i>	235
СЕКЦИЯ 5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	239
Временная логика в задачах контроля и разграничения доступа в БД <i>Подоров А. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Полтавцева М. А.</i>	239

Реализация и использование тернарных нейросетей в современных компьютерных системах <i>Стрюков П. В., Герберт Д. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Базарова И. А.</i>	244
Компьютерные технологии для организации виртуального музея <i>Климова Ю. И.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.</i>	249
Влияние распределения бюджетных мест на региональное развитие: анализ оставшихся после обучения специалистов <i>Соловьев С. Е.</i>	
<i>Научный руководитель – Шпаковский Д. В.</i>	252
Программа для оценки объектов методом анализа иерархий <i>Мадебейкин А. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.</i>	254
Программа общего оценивания объектов при помощи функции желательности Харрингтона <i>Суханов А. А.</i>	
<i>Научный руководитель - Смирнов Ю. Г.</i>	259
Современные методы неразрушающего контроля состояния магистральных газонефтепроводов с использованием компьютерных технологий <i>Денисов С. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Чувашов А. А.</i>	264
Повышение эффективности IT-компании за счёт автоматизации внутренних процессов <i>Крутецкий Е. С.</i>	268
Особенности проектирования и разработки мобильных приложений под AndroidOS в рамках реализации цифровой трансформации СГУ им. Питирима Сорокина <i>Гуляева С. Т., Тотков К. О., Канюков А. А.</i>	271
Социальная инженерия в области информационной безопасности: основные тенденции и механизмы воздействия <i>Дворецкая П. С.</i>	
<i>Научный руководитель – Базарова И. А.</i>	277
Онлайн – система аналитической обработки OLAP <i>Седова С. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Шилова С. В.</i>	283
Технология международных переводов в условиях санкций и возможные альтернативы системы SWIFT <i>Дмитрова О. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Шилова С. В.</i>	287
Использование искусственного интеллекта и нейронных сетей в современной экономике России <i>Головина К. К.</i>	
<i>Научный руководитель – Шилова С. В.</i>	289
Обзор эффективности нейронных сетей в прогнозировании фондового рынка <i>Попов М. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Рочев К. В.</i>	295
Предиктивная аналитика работы оборудования ООО «ЛУКОЙЛ-УНП» на основе программного обеспечения Kaspersky MLAD <i>Козлов Д. М.</i>	
<i>Научный руководитель – Кудряшова О. М.</i>	300
Исследование факторов, влияющих на результаты тестирования сотрудников по охране труда <i>Ведерников Д. А.</i>	305

СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	308
Теория Коллатца. Эксперимент с отрицательными числами <i>Сурай С. А., Романов И. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Мотрюк Е. Н.</i>	308
Влияние математического образования на образ мышления <i>Володина М. В., Южакова И. В.</i>	
<i>Научный руководитель – Терентьева Е. А.</i>	312
Оптимизационное смешение весов нейросетей с точки зрения математики <i>Стрюков П. В., Герберт Д. В.</i>	316
Число π в строительстве и архитектуре <i>Пономарёва Е. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Терентьева Е. А.</i>	323
Назначение методов выборочного ремонта дефектных участков магистральных трубопроводов алгоритмом «Дерево решений» <i>Григорьев Л. Ю.</i>	326
Использование степенных рядов при исследовании наращенной суммы вложений <i>Кусякова И. И.</i>	
<i>Научный руководитель – Мужикова А. В.</i>	340
Цепи Маркова как метод прогнозирования <i>Андреев М. А., Вергун М. Ю.</i>	
<i>Научный руководитель – Хабаева Е. В.</i>	347
Применение матриц для решения задач в различных сферах деятельности <i>Ветренникова Н. С., Меньникова А. Ю.</i>	
<i>Научный руководитель – Мотрюк Е. Н.</i>	351
Расчёт тепловых потерь резервуара вертикального стального <i>Матвеев В. И., Лебедь А. Д.</i>	
<i>Научный руководитель – Лютоев А. А.</i>	356
 СЕКЦИЯ 7. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	 361
Внедрение установок по выработке собственного топлива на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» <i>Михеев Д. М.</i>	361
Разработка комплекса технико-технологических мероприятий по совершенствованию камеры пуска-приема средств очистки и диагностики магистрального трубопровода <i>Стрельский Д. А., Макаров А. И.</i>	
<i>Научный руководитель – Борейко Д. А.</i>	365
Способы повышения теплопередачи термостабилизаторов грунта <i>Автамонов В. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Бобылёва Т. В.</i>	373
Исследование сил, действующих на калибрующе-эжекционный буровой агрегат в процессе эксплуатации <i>Хламов В. А.</i>	
<i>Научный руководитель – Борейко Д. А.</i>	378
Исследование распространения вибрации по узлам УЭЦН <i>Канев Д. Е.</i>	
<i>Научный руководитель – Бобылёва Т. В.</i>	382
Исследование конструкции стенда и влияния агрессивных факторов на работу НКТ <i>Кривко Д. А.</i>	
<i>Научный руководитель - Борейко Д. А.</i>	388

Анализ влияния обводненности продукции скважин на наработку до отказа насосных штанг в скважинных штанговых насосных установках (СШНУ) <i>Волкова Х. Ф., Бобылева Т. В.</i>	392
Анализ работы адсорбционной установки для осушки природного газа и пути совершенствования ее работы <i>Старинец А. Н.</i> <i>Научный руководитель – Бобылева Т. В.</i>	397
Анализ причин коррозионного разрушения насосных штанг и разработка рекомендаций по его предупреждению <i>Сапрыкина Л. Э., Бобылев А. И.</i> <i>Научный руководитель – Борейко Д. А.</i>	400
СЕКЦИЯ 8. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ.....	411
Аттестация испытательного оборудования на примере термостата ВТ20 <i>Фоменко Д. Д.</i> <i>Научный руководитель – Мучкина Л. И.</i>	411
Роль разработки методики калибровки теплотехнических средств измерений <i>Котова Л. Р.</i> <i>Научный руководитель – Клишев М. Н.</i>	416
Особенности контроля расхода нефти и нефтепродуктов на приемо-сдаточных пунктах <i>Отев К. С., Базарова А. М.</i>	419
Управление качеством цепями поставок на основе модели всеобщего управления качеством TQM <i>Печенко Н. С., Отев К. С.</i>	422
Сравнительный анализ метода автоматизированной поверки и калибровки теплотехнических средств измерений <i>Пухова Е. И., Кочкин Н. В.</i> <i>Научный руководитель – Овадыкова Ж. В.</i>	425
Анализ рекомендаций по разработке методики калибровки средств измерений <i>Сердюкова Я. В.</i> <i>Научный руководитель – Отев К. С.</i>	428
Использование информационных технологий в метрологии <i>Базарова А. М., Отев К. С., Дементьев И. А.</i>	431
Опыт использования программы LabView на лабораторных занятиях при подготовке специалистов направления подготовки 27.03.01 – «Стандартизация и метрология» <i>Гольфингер А. Н.</i> <i>Научный руководитель – Севостьянова О. П.</i>	433
СЕКЦИЯ 9. МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ.....	437
Анализ теплового режима гидравлического привода лесотранспортных машин. <i>Токарь Б. В.</i> <i>Наый руководитель – Тимохов Р. С.</i>	437
Анализ конструкций топливных подогревателей ДВС <i>Тропин Д. И.</i> <i>Научный руководитель – Тимохова О. М.</i>	440
Алгебраические параметры, определяющее статус момента силы <i>Сурыгин И. И., Сурыгин С. И.</i> <i>Научный руководитель – Михитаров А. Р.</i>	443

Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода с учётом вариаций толщины стенки <i>Барменков В. С., Мамонтов А. Р., Савин В. В.</i> <i>Научные руководители – Пильник Ю. Н., Савич В.Л.</i>	445
Математические модели прогнозирования циклической долговечности при сложном напряженном состоянии <i>Отев К. С., Денисов М. А.</i>	450
Анализ отказов гидравлических систем лесозаготовительных машин <i>Андреев С. А.</i> <i>Научный руководитель – Тимохов Р. С.</i>	453
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	457



**ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО И. О. РЕКТОРА УГТУ,
ПРОРЕКТОРА ПО ЭКОНОМИКЕ И ФИНАНСАМ МАЛЬЦЕВА К. Р.**

**Уважаемые участники и гости XXV международной молодежной научной конференции
«СЕВЕРГЕОЭКОТЕХ»!**

Дорогие коллеги!

Приветствую вас от имени многотысячного коллектива Ухтинского государственного технического университета и от имени ректора УГТУ Руслана Викторовича Агинея!

Прежде всего разрешите поздравить всех вас с юбилеем нашего форума – сегодня он открывается в двадцать пятый раз. Это очень весомое, очень значимое для университетского сообщества событие. Ведь фактически произошла смена поколений – не в вузовском формате, где студенческий коллектив обновляется раз в четыре-пять лет, а в формате человеческой жизни. Только представьте: те, кто был участником самой первой конференции, сегодня уже опытные профессионалы, и вполне возможно, что среди вас, сидящих в зале, есть их дочери и сыновья. Это здорово – ведь получается, что форум, оставаясь молодым и молодёжным, служит примером и гарантом научной преемственности.

Итак, первая конференция «Севергеоэкотех» состоялась в 2000 году. Она стала новой площадкой для апробации результатов исследований молодых ученых. Она стала новым источником знаний в области технических и естественных наук. Она стала также одним из символов преобразования Ухтинского индустриального института в технический университет. За всё время работы форума на нем было представлено, по нашим оценкам, больше 11 тысяч докладов.

Число внушительное. Конечно, не все исследования, результаты которых представлены на форуме, стали научной сенсацией; не все студенты, принимавшие в нем участие, сделали науку своей профессией. Но со своей главной задачей конференция справляется на пять с плюсом: она служит стимулом к развитию у молодых людей научно-инновационного мышления, к формированию того принципиально нового взгляда на мир и свое место в этом мире, без которого не может быть реальной модернизации всех сфер нашей жизни.

Эта миссия форума напрямую связана и с теми задачами, которые стоят сегодня перед российской наукой. На наших глазах меняется ее вектор. Понятно, что это изменение связано с глобальными политическими и экономическими процессами. В том, что наша страна достойно справляется с жесточайшим экономическим давлением, огромную роль играет отечественная наука. Мы отнюдь не перестаем быть участниками общемирового научного пространства, но приоритетом для нас становится научно-технологический суверенитет. Сегодня именно наука выступает ведущим фактором национальной безопасности. России необходимы собственные критические технологии, позволяющие создавать собственную продукцию и достигать собственных национальных целей. Сейчас усилия нашей науки направлены на импортозамещение, и параллельно – на создание прорывных технологий в тех сферах, которые до настоящего времени не были приоритетными для России.

Вот такие сложнейшие задачи предстоит решать молодым ученым – то есть вам, уважаемые коллеги. Это трудно, это ответственно, но в то же время – невероятно интересно. Перед вами – непроторенные пути и нетривиальные вызовы. Страна рассчитывает на вас, надеется на вас, верит в вас.

А мы благодарим вас за интерес к нашей конференции, но прежде всего – за интерес к научному творчеству. Желаем вам продуктивной работы, новых идей, интересного и полезного общения.

Спасибо за внимание.

***К. Р. Мальцев, и. о. ректора,
проректор по экономике и финансам,
канд. экон. наук.***

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

УДК 331.087

Вопросы оптимизации технологического комплекса производства технического углерода с использованием отходящих газов в качестве сырья для извлечения товарного водорода (на примере ООО «Газпром переработка» - Сосногорский газоперерабатывающий завод)

Белякова А. А., Борейко Д. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В рамках выполнения реализации распоряжения правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. по развитию отрасли водородной энергетики. Планируется к 2050 году за счет водорода покрывать 25% энергетических затрат и в ходе наращивания объемов производств водорода снизить его стоимость до уровня рыночной цены за газ. Помимо положительного экономического эффекта, данное направление развития производства вносит глобальный вклад в защиту экологических ресурсов. Поскольку отказ от масштабного использования углеводородного топлива, поможет снизить на 80% выброс углерода в атмосферу. Таким образом, проблемы добычи и переработки природного газа в коммерческий водород приобретают особую важность. Кроме того, существует важный вопрос, касающийся хранения и транспортировки коммерческого водорода [1].

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных проблем для Сосногорского газоперерабатывающего завода является сжигание отходящих газов, которые содержат значительный процент массовой доли – водород.

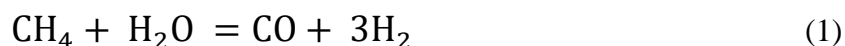
Таблица 1 - Компонентный состав отходящего газа.

Компонент отходящего газа	Состав отходящих газов пиролиза, %	
	Сухой газ	Влажный газ
Водород (H ₂)	87,34	51,89
Углекислый газ (CO ₂)	0,05	0,03
Угарный газ (CO)	1,21	0,72
Азот (N ₂)	5,30	3,15
Метан (CH ₄)	4,36	2,59
Этен (C ₂ H ₄)	0,30	0,18
Этин (C ₂ H ₂)	0,52	0,31
Кислород (O ₂)	0,91	0,54
Водяной пар (H ₂ O)	-	40,60

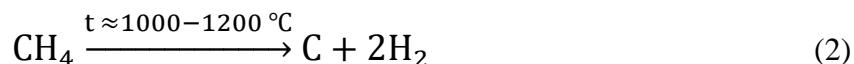
Установка по производству термического технического углерода (далее УПТТУ) на Сосногорском газоперерабатывающем заводе введена в эксплуатацию в 1949 году. Производственная мощность УПТТУ - 10,0 тыс. тонн техуглерода в год. В качестве сырья используется газ горючий природный с Вуктыльского месторождения. УПТТУ состоит из: пирометрического отделения; отделения улавливания; транспортной галереи; отделения обработки; складов готовой продукции; системы нейтрализации отходящих газов.

Основной моделью, по извлечению водорода, признана - конверсия природного газа на газоперерабатывающих заводах. Конверсия – это процесс, в ходе которого под действием высоких температур природный газ смешивают с водяным паром, вследствие, происходит комплексное изменение составов исходных газовых смесей. Полученный водород относят к классу «серый» по ГОСТ Р 51673-2000 «Водород газообразный чистый. Технические условия». Данный процесс

признан наиболее дешевым, но менее экологически чистым. В результате конверсии образуется большое количество нежелательного диоксида углерода. Данный процесс описан уравнением 1.



На рынке большим спросом пользуется «бирюзовый» водород. Который получают на газоперерабатывающих заводах по методу пиролиза. Данный процесс сопровождается образованием технического углерода, который находит широкое применение в промышленности и легко утилизируется, уравнение 2 [2].



В настоящее время в газовой промышленности широко используется два типа установок для улавливания водорода из многокомпонентных газов: мембранная и адсорбционная. Каждая из них имеет свои особенности, достоинства и недостатки при прочих равных условиях эксплуатации. В мембранной установке разделение газа происходит в процессе прохождения смеси газов через пористое волокно. За счёт различной скорости проникновения отдельных компонентов газа условно к таким газам применяют термины «быстрые» и «медленные». Для создания тока газа применяется перепад парциальных давлений с разных сторон мембраны. Правильный выбор оптимального рабочего давления и температурного режима мембранной установки по выделению водорода зависит от исходного состава перерабатываемого газа. В промышленном масштабе газоразделения необходимо учитывать этап подготовки газа перед подачей в установку. Эта необходимость возникает из-за содержания в дисперсном состоянии молекул воды. Если пренебрегать осушкой газа, то возможно скопление углеводородов на стенках мембраны. Исходная температура газа должна превышать точку росы на 10...11 °С [1]. Под понятием «точка росы» следует принимать температуру при заданном давлении, до границ которой должен охладиться газ, чтобы содержащаяся в нем влага (H₂O) достигала полного насыщения и конденсировалась.

Мембранная установка наиболее перспективна в применении для разделения водородсодержащего газа с содержанием водорода в пределах 40...80 %. Данной границе соответствуют 8 из 10 газоперерабатывающих заводов. Упрощённая принципиальная технологическая схема работы мембранной установки представлена на рисунке 1.

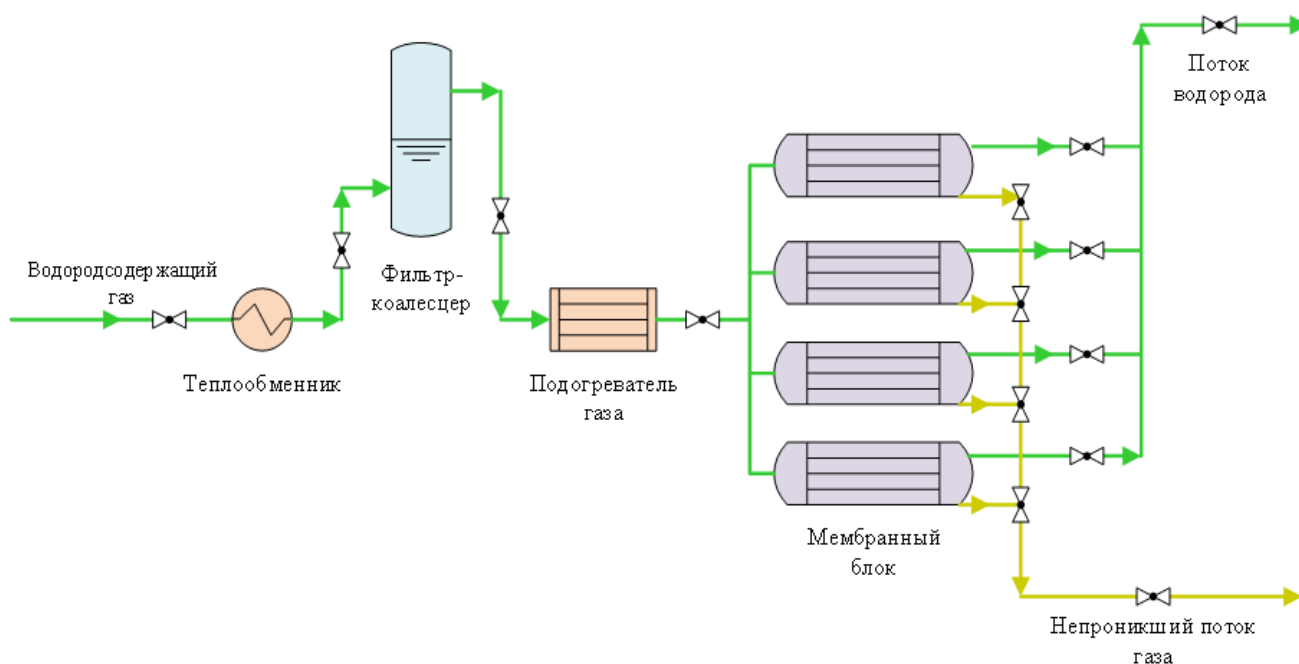


Рисунок 1 – Простейшая схема мембранной установки.

Принцип действия мембранной очистки основан на использовании физических параметров мембранных материалов для создания барьера, селективно пропускающего

определенный газ и обеспечивающего его отделение от смеси, за счет градиента парциальных давлений и стерических затруднений. Достоинством технологии является гибкость ее применения по сырьевым потокам, однако недостатком служит необходимость в перепаде давления между потоками сырьевого газа и пермеата.

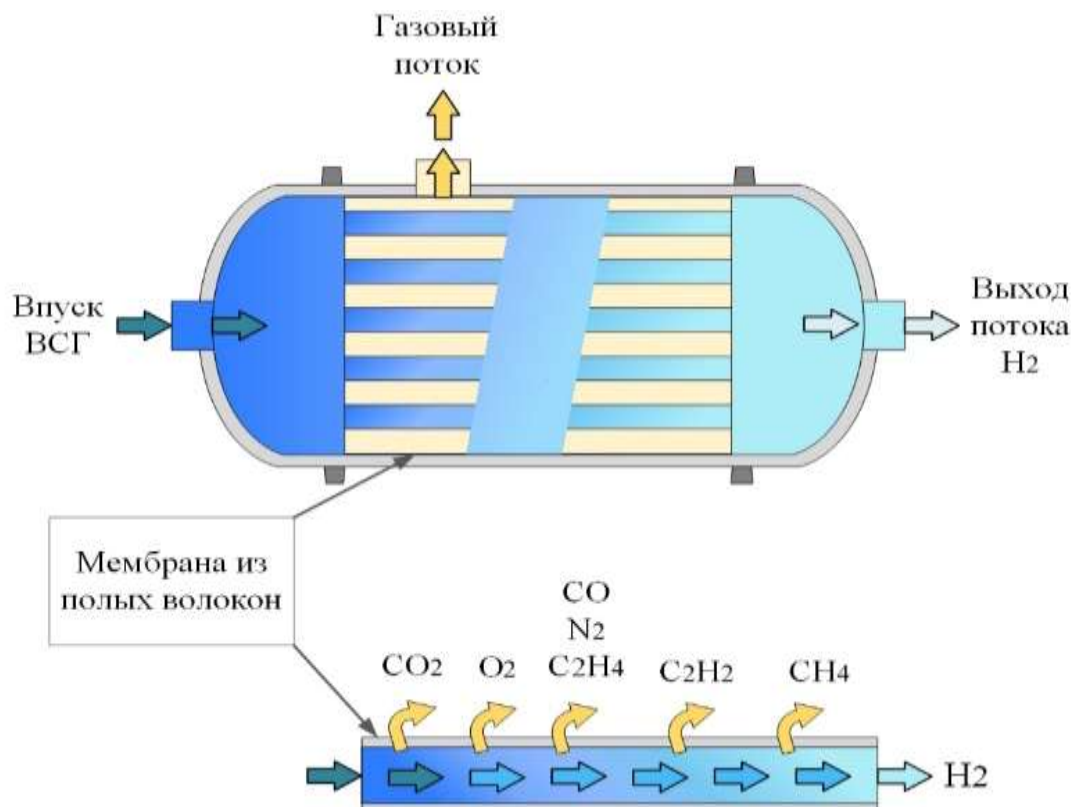


Рисунок 2 - Принцип действия модуля с полыми волокнами.

В зависимости от состава начальной газовой смеси и целевых параметров чистоты выделяемого продукта, можно подобрать несколько модулей с различными составами мембран для последовательного подключения. Отдельного рассмотрения требуют вопросы компрессорного оборудования и уноса масла, т.к. для безопасной и долгосрочной работы мембраны необходимо обеспечить ее химическую и физическую стабильность. В целях очистки водорода активное развитие получили плотные металлические, пористые неорганические и полимерные мембраны.

Таблица 2 – Виды мембран применяемых для очистки H₂.

Параметр	Температура, °С	Давление, МПа	Недопустимые примеси
Плотные металлические мембраны	300-600	0,1 – 0,4	H ₂ S
Керамические	400 - 1000	-	H ₂ O
Цеолитовые	25 - 700	0,1 – 0,4	-
С микропорами			
Силикатные	50 - 700	0,1 – 0,6	-
Углеродные	25-900	0,1 – 1,1	-
Полимерные	25-200		Примеси способные сконденсироваться

Как видно из таблицы 2 наиболее проработанными являются технологии основанные на плотных металлических и полимерных мембранах. Особенностью первых является высокая селективность по отношению к водороду, который проходит через мембрану в виде протона, гидрид иона или нейтрального атома. Данный механизм не возможен в отношении остальных газов, содержащихся в смеси. Достоинством полимерных мембран является их низкая стоимость и устойчивость к большинству примесей.

Однако, помимо преимуществ данные установки имеют ряд существенных недостатков, представленных в таблице 3.

Таблица 3 – Преимущества и недостатки мембранной установки.

Преимущества технологии	Компактность, позволяющие установке быть мобильной при перемещении с объекта на объект. Чистота выхода очищенного газа 90...99,5%. Непрерывный процесс. Быстрый пуск в рабочий режим.
Недостатки технологии	Чувствительность мембраны к наличию паров компрессорного масла и температуре подаваемого газа. Ограниченный срок службы установки из-за естественной деструкции мембран (до 5 лет) и малая ремонтпригодность. Высокая энергоёмкость. Чувствительность установки к температурным режимам окружающей среды ниже ($-19\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Также применение в газоперерабатывающей промышленности для концентрирования водорода нашли установки короткоцикловой адсорбции (КЦА). Принцип работы установки КЦА основан на различной скорости поглощения отдельных компонентов газовой смеси, пропускаемой под давлением через адсорбент. Последовательные стадии поглощения компонентов разделяемой газовой смеси и регенерации адсорбента осуществляются путём изменения давления в двух адсорберах – сосудах, содержащих адсорбент. Эти стадии протекают при температуре, близкой к комнатной ($t \approx 25 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). На стадии поглощения, проходящей при повышенном давлении, происходит улавливание адсорбентом преимущественно одного из компонентов газовой смеси с получением продуктового газа с концентрацией 98...99,9% (рисунок 3). [6]

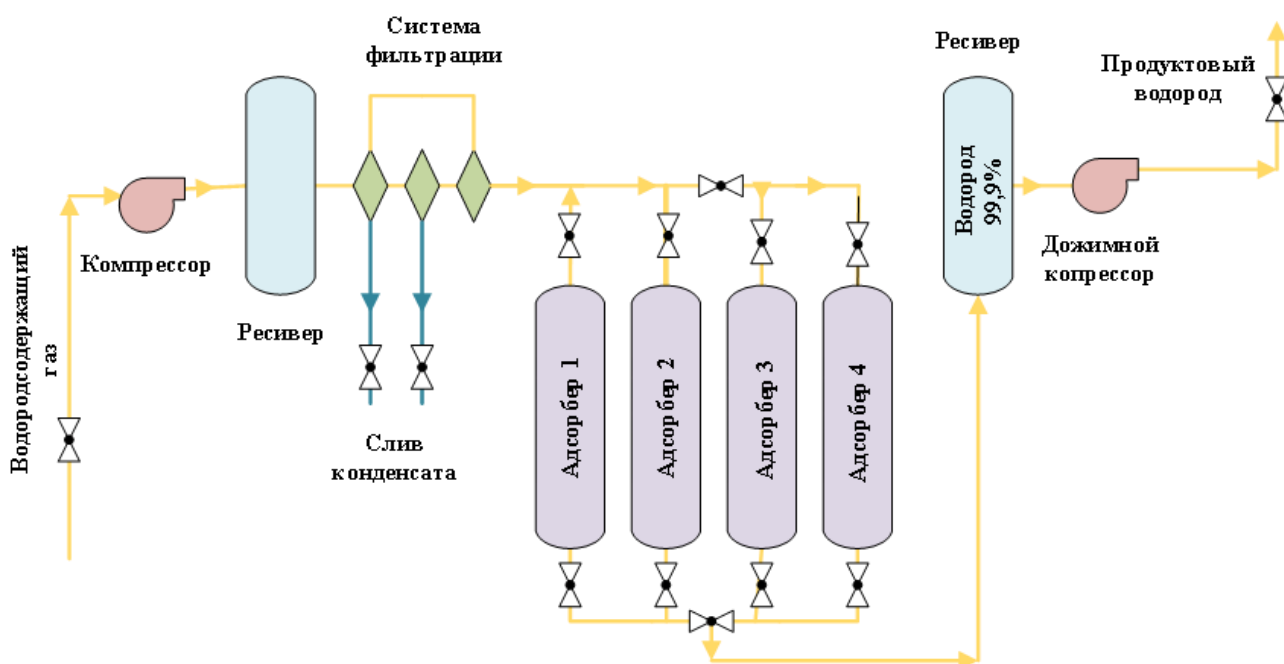


Рисунок 3 – Схема блока КЦА.

Блок КЦА предназначен для очистки водородсодержащего газа, который производят нефтегазоперерабатывающие заводы. Процесс короткоциклового адсорбции основан на поглощении газов с большей молекулярной массой (CO, CO₂, CH₄, N₂ и др.) адсорбентом с использованием функции давления, при этом только неадсорбированный с низкой молекулярной массой водород способен проходить через блок КЦА, вследствие чего происходит разделение газовой смеси и концентрирование водорода. Главная особенность технологии заключается в необходимости поддержания постоянного равновесия между двумя циклическими процессами: адсорбции и десорбции (регенерации). Процесс адсорбции установки КЦА строится на том, что в генераторы адсорбции при высоком рабочем давлении поступает смесь газов, после чего осуществляется поглощение адсорбентом адсорбируемых веществ, а именно газов с высокой молекулярной массой, а те газы с меньшей молекулярной массой, что остаются после адсорбции, переходят в специализированные накопители, где осуществляется дальнейший процесс разделения. Строительство блока КЦА позволяет решить проблемы: потребности водорода на газоперерабатывающих и газохимических производствах в качестве топливного сырья; подготовки газа, содержащего водород, до требования топливной продукции чистотой выхода не менее 99,5% исходного сырья; улучшения экологических условий на территории предприятия за счёт применения в качестве топлива водорода с блока КЦА. Результаты анализа достоинств и недостатков установок КЦА представлены в таблице 4

Таблица 4 – Преимущества и недостатки установки КЦА.

Преимущества	<p>Себестоимость адсорбента ниже, чем мембраны.</p> <p>Установка малочувствительна к температуре исходного газа.</p> <p>Высокий диапазон работоспособности и безопасности установки.</p> <p>Более высокая степень выхода очищенного газа 98...99,9%.</p> <p>Низкие затраты на себестоимость и обслуживание агрегатов.</p>
Недостатки	<p>Чувствительность установки к содержанию влаги в «сыром» газе.</p> <p>Ограниченная производительность.</p> <p>Низкая мобильность, из-за больших габаритных параметров.</p>

С учетом всех параметров, достоинств и недостатков технологий концентрирования водорода, в качестве возможных вариантов совершенствования производства товарного водорода на газоперерабатывающих заводах предлагается комбинация оборудования двух типов установок.

Мембранная технология не предусматривает концентрирования водорода на 99,(9)%, а ее номинальная мощность имеет границы 90...99,5%, данный факт не обеспечивает выход водорода по требованиям ГОСТ 3022-80 «Водород технический». В связи с этим, предлагается внедрение одноступенчатой мембранной установки, установленной на потоке водородсодержащего газа, после предварительной подготовки газа, и установки КЦА.

Производство водорода может быть организовано с целью: сократить издержки; производить дополнительную продукцию; достичь положительных экологических показателей.

Общая схема принятия решения:

1. Есть возможность сократить издержки, за счет выделения/производства водорода или за счет наращивания мощностей;
2. Есть спрос на производимую дополнительную продукцию,
3. Есть экономическая и/или нематериальная выгода от снижения углеродного следа предприятия.

В начале, при рассмотрении вопроса создания нового производства водорода на базе объектов переработки природного газа необходимо удовлетворить ряд условий: наличие вблизи предприятий - потребителей водорода или продукции на его основе; наличие на объектах переработки или в непосредственной близости дополнительных площадей под организацию нового производства. В дальнейшем, при удовлетворении обоих условий, проводится анализ: требований к количеству и качеству водорода в соответствии с запросами потребителей; оптимальных путей транспортировки водорода до конечных потребителей; инфраструктуры,

включая свободные мощности по воде, пару, электроэнергии, природному газу, имеющейся на объекте переработки; путей утилизации побочных продуктов производства. На основании проведенного анализа принимается решение о выборе технологии производства водорода, схема которого представлена на рисунке.

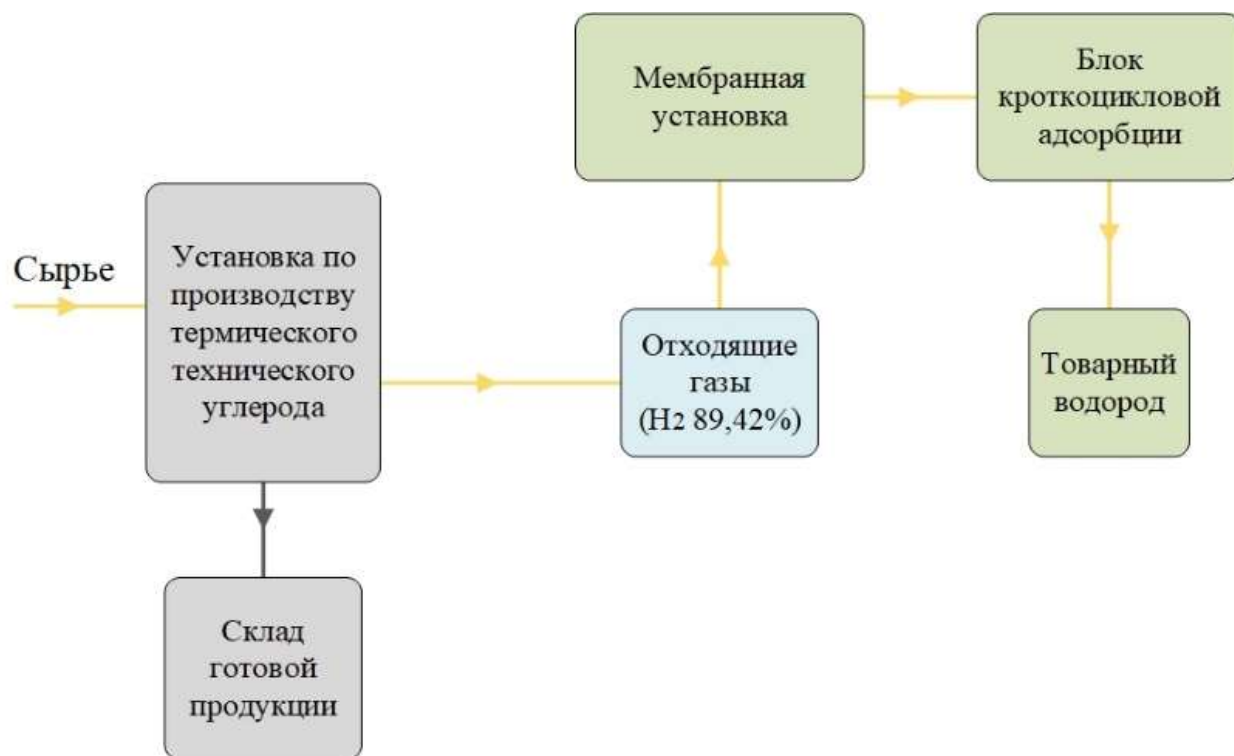


Рисунок 4 – Принципиальная схема технологии получения товарного водорода по комбинации мембранной установки и КЦА.



Рисунок 5 - Схема принятия решения.

Как видно, в качестве потребителей могут выступать предприятия: по производству аммиака – водород является исходным сырьем; металлургическая промышленность - водород восстановительный газ металлов из их оксидов; нефти и газопереработка – для гидроочистки сырья, а также в ряде гидрогенизационных процессов по получению продукции; пищевой промышленности – водород используют в гидрогенизации растительных жиров при производстве маргарина; производители листового стекла – смесь водорода и азота

пропускается над оловом для предотвращения его окисления в процессе формирования листового стекла; ТЭК – при полном переводе мощностей на водород.

Выводы:

1. В ходе анализа действующей технологии производства технического углерода на газоперерабатывающих производствах РФ был установлен основной компонент побочных газов – водород (89,42%), который в результате газоразделения смеси может стать товарной продукцией.

2. По предварительным оценкам, наиболее предпочтительной схемой для выделения товарного водорода из водородсодержащего газа является применение одноступенчатой мембранной установки в комбинации с установкой КЦА.

3. Для более точных прогнозов требуется детальная проработка капитальных вложений в рамках отдельного технико-экономического сравнения, а также анализ конструктивного исполнения и эффективности используемого оборудования с целью его совершенствования для дальнейшего внедрения, а также оборудования для хранения и транспорта товарного водорода.

Библиографический список:

1. «Производство водорода в газоперерабатывающей промышленности», М. К. Письмен, М., Химия, 1976.
2. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Структура и свойства металлов и сплавов. Справочник: Диффузия в металлах и сплавах. Киев: Наукова думка, 1987. 512 с.
3. Чернов И.И., Калинин Б. А. Радиационные повреждения в металлах, облученных ионами гелия. Атомн. техн. за рубежом, 1986, № 9, с. 9-19.
4. Борейко, Д. А. Анализ существующих технологий конверсии отходящих газов газоперерабатывающих производств в товарный водород / Д. А. Борейко, А. А. Белякова // Сфера. Нефть и Газ. – 2023. – № 2(89). – С. 46-50.
5. Борейко, Д. А. Совершенствование технологии извлечения товарного водорода из отходящих газов на установках получения технического углерода отечественных газоперерабатывающих производств / Д. А. Борейко, А. А. Белякова, Д. Ю. Сериков // Инженер-нефтяник. – 2023.



СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.3

Оптимизация алгоритмов работы газоперекачивающего агрегата компрессорной станции

Бырканов С. В.

Научный руководитель – Семяшкина Е. И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Целью данного исследования является поиск способов и методов оптимизации алгоритмов управления газоперекачивающими агрегатами компрессорных станций. Хотя алгоритмы прошли уже десятилетия практического использования и постепенного совершенствования, но до сих пор при эксплуатации ГПА встречаются нежелательные события и недостатки, которые требуют корректировок и улучшений.

Оптимизация может затрагивать следующие функции алгоритма:

Улучшение управляющих функций. Задание правильного порядка выполнения операций, временных задержек и т.д. Это связано с тем, что постоянно вводится в работу новое технологическое оборудование и оборудование системы автоматического управления.

Функции защиты. Необходимость неуклонного повышения надежности срабатывания аварийных защит и предотвращения срабатывания ложных защит и ложных аварийных остановов ГПА. ГПА высокоавтоматизированный объект, количество датчиков, исполнительных механизмов, элементов электрических цепей и линий связи исчисляется тысячами. Надежность работы системы в целом обратно пропорционально количеству составляющих ее элементов. Поэтому крайне важно уметь отсеивать не критичные неисправности и ложные срабатывания защит.

Улучшение информационных функций системы. От этого зависит правильность и скорость оценки ситуации оператором, скорость реакции, а также защита от ошибочных действий. Пользовательские интерфейсы в промышленных программах по своему качеству и удобству сильно отстают от текущих мировых стандартов.

Предложения по повышению надежности алгоритма:

1. В алгоритме прописаны несколько режимов в которых может находиться ГПА. В том числе есть режим «ГПА в работе». Ранее этот режим формировался по контролю открытого состояния всех четырех кранов топливного газа. Таким образом это было нечто косвенной проверки – если какой-либо из кранов закрыт, значит топливный газ не поступает в двигатель, значит двигатель не работает и можно считать, что ГПА не в работе. Но такая зависимость от косвенных факторов снижает надежность алгоритма и может приводить к ложным срабатываниям. Например, если придет ложный сигнал от концевого выключателя одного из кранов, при фактическом открытом состоянии этих кранов, то алгоритм ошибочно посчитает, что ГПА не в работе и это может привести к аварийному останову или другим непредсказуемым последствиям.

В качестве решения состояние «ГПА в работе» было отвязано от положения кранов топливного газа. Вместо этого переключение режим «ГПА в работе» в неактивное состояние стало производиться во время нормальных или аварийных остановов ГПА в тот же самый момент, когда от САУ подается команда на закрытие кранов топливного газа. В итоге порядок действия алгоритма не изменился, но надежность работы повысилась.

2. В алгоритме присутствует сигнал «Пожар на ГПА», который приводит к аварийному останову ГПА. Этот сигнал формируется по входному дискретному сигналу от пожарного контроллера, который получает информацию о пожаре от пожарных датчиков и ручных пожарных извещателей. При пожаре срабатывает система газового пожаротушения, по трубопроводам углекислоты в укрытие ГПА поступает CO₂. Выпуск углекислого газа отслеживается по датчику давления в трубопроводе и формирует сигнал «Выпуск CO₂». Ранее сигнал «Пожар на ГПА» формировался так же и по сигналу «Выпуск CO₂». Но давление

углекислоты является косвенным и избыточным сигналом того, что случился пожар. Это снижает надежность алгоритма и может приводить к его ложным срабатываниям, в случае неисправности датчика давления или негерметичности одного из кранов.

В качестве решения проблемы сигнал «Выпуск CO₂» был переведен из разряда аварийных сигналов в разряд предупредительных. Теперь при возникновении сигнала «Выпуск CO₂» и отсутствии сигнала «Пожар на ГПА» это не будет приводить к аварийному останову ГПА. У сменного инженера будет время на то, чтобы оценить обстановку и самостоятельно принять решение в соответствии с возникшей ситуацией.

Внесение изменений в существующие алгоритмы:

1. В КШТ (кожухе шумо- и теплоизолирующем) присутствует система вентиляции, которая создает постоянный воздухообмен и поддерживает избыточное давление под КШТ при помощи двух вентиляторов. Раньше при начале пуска ГПА в работу система вентиляции КШТ сразу приступала к работе. Это создавало проблемы в холодные периоды времени года. Пуск ГПА занимает определенное количество времени (от 20 до 120 минут). За это время уличный холодный воздух сильно охлаждал оборудование, находящееся под КШТ, что могло приводить к промерзанию некоторых узлов, конденсированию влаги в импульсных трубках и ее замерзанию, что могло нарушить нормальную работу ГПА.

В качестве решения в алгоритм были внесены следующие изменения. Пуск системы вентиляции был перенесен на этап, когда начинается запуск двигателя в работу, когда вся крановая обвязка ГПА уже подготовлена к работе. Это предотвращает переохлаждение оборудования под КШТ, т.к. в этот момент в работу включается воздушный подогрев вентиляции с помощью нагретого воздуха, отбираемого после осевого компрессора двигателя.

2. Для обогрева вентиляции ГПА применяются ТЭНы. ТЭНы снабжены защитой от перегрева, которая сигнализирует на АРМ оператора предупреждающее сообщение «Перегрев ТЭН». Все ТЭНы также снабжены резервной защитой, которая срабатывает при достижении еще большей критической температуры ТЭНа. После срабатывания этой защиты работа ТЭН полностью блокируется, для восстановления работоспособности требуется ручная деблокировка.

Проблемой является то, что срабатывание этой защиты, в отличие от основной, никак не сигнализируется на АРМе оператора. Это может приводить к замешательству обслуживающего персонала и затягивать время проведения диагностики и ремонта оборудования. В качестве решения данной проблемы предлагается организовать вывод данного сигнала на АРМ оператора. Для этого необходимо продублировать срабатывание резервной защиты с помощью входного дискретного сигнала 24В и подключить его к входному дискретному модулю контроллера. При появлении данного сигнала выводить аварийный сигнал на АРМ оператора «Критический перегрев ТЭН. Требуется ручная деблокировка».

Изменения в электромеханической части системы автоматического управления:

1. Применение кабелей для передачи сигналов Ethernet 5 класса защиты и выше. По опыту эксплуатации выявлено негативное влияние силовых цепей на передачу цифровых сигналов даже на небольших расстояниях между различным оборудованием в пределах одного блок-бокса САУ. В результате скорость передачи данных замедлялась, накапливались ошибки в приемо-передающих устройствах. Замена кабелей низкого класса защиты на экранированные кабели категории SFTP 5E решило эту проблему.

2. Увеличение надежности срабатывания БЭО при неисправности (зависании) контроллера САУ. БЭО – блок экстренного останова, реализованный на релейной схеме и имеющий возможность остановить работу ГПА без участия контроллера. Исправность контроллера отслеживается с помощью дискретного сигнала 24 В, поступающего с выходного модуля контроллера на реле времени. Этот сигнал переключает свое состояние с частотой 0.5 Гц и поддерживает состояние выключенности реле времени, пока сигнал активен. В случае выхода контроллера из строя (зависания), сигнал перестает генерироваться, реле времени срабатывает, вызывая срабатывание БЭО и экстренный останов работы ГПА.

Но такая схема работы предполагает, что при неполадках контроллера сигнал перестает подаваться с дискретного выхода. Однако, на практике происходили зависания контроллера, при которых сигнал продолжал непрерывно подаваться на реле времени. Из-за чего реле

времени не могло сработать и обнаружить зависание контроллера. Для решения этой проблемы в качестве реле времени необходимо использовать реле времени с импульсным управлением. В этом случае, задержка по времени будет возобновляться только при изменении управляющего сигнала. Теперь, при неизменном состоянии сигнала независимо во включенном или выключенном состоянии, реле времени будет срабатывать, активируя алгоритм БЭО.

3. В операторной компрессорного цеха имеются панели резервного управления ГПА (ПРУ). С их помощью можно отдавать команды на управление ГПА в случае, если связь между АРМ и контроллером САУ будет нарушена. Недостатком ПРУ является наличие ответственных кнопок, случайное нажатие на которые может приводить даже к останову ГПА.

В качестве решения данной проблемы сперва предлагалось изготовить и использовать специальные защитные экраны. Физическая блокировка с помощью защитных кранов показала свою ненадежность, т.к. иногда даже через нее удавалось нажимать на кнопки на ПРУ.

Затем было принято решение полностью убрать с ПРУ управление ответственными функциями ГПА, включая аварийный останов. Полный отказ от кнопок ограничивает возможности оператора и, как следствие, снижает надежность эксплуатации оборудования.

Предлагаю рассмотреть следующее решение проблемы. Организовать программную блокировку экрана, которая будет блокировать управление экраном при долгом бездействии. Для разблокировки экрана оператору необходимо провести пальцем по горизонтальной линии, переключив специальный переключатель на экране. Также возможно продублировать данную блокировку в качестве подтверждения нажатия на ответственные управляющие функции, такие как останов ГПА.

Таким образом, тема представляет собой актуальное и важное направление в области энергетики и техники. Эта тема охватывает различные аспекты оптимизации процессов, связанных с газоперекачивающими агрегатами, что имеет прямое воздействие на эффективность и стабильность работы компрессорных станций. Сфера транспорта газа постоянно развивается, с появлением новых технологий, оборудования и программного обеспечения. Вместе с этими инновациями возникают новые вызовы, требующие неотложного внимания и решения.

Целью является повышение надежности и стабильности работы компрессорных станций, обеспечивая бесперебойную поставку газа и эффективную работу энергетической системы. Так же улучшение энергетической эффективности газоперекачивающих агрегатов может быть важно в условиях растущей потребности в энергии и стремления к снижению экологического воздействия.

Особую важность придает тот факт, что каждая ошибка в области газоперекачивающих агрегатов может иметь серьезные последствия, приводящие к авариям и значительным экономическим убыткам. В связи с этим процесс постоянного и неуклонного улучшения и оптимизации алгоритмов управления газоперекачивающими агрегатами должен продолжаться. Это необходимо не только для повышения надежности транспорта газа, но и для обеспечения безопасности в данной отрасли. Оптимизация алгоритмов может привести к снижению эксплуатационных затрат, включая энергопотребление, обслуживание и ремонт оборудования.

Библиографический список:

1. Влияние автоматизации на качество выполнения технологических операций. Управление и автоматизация [электронный ресурс]. - <https://electricalschool.info/automation/2926-vliyanie-avtomatizacii-na-kachestvo.html> (07.03.2024).
2. Комплексные российские решения для автоматизации промышленных и гражданских объектов [электронный ресурс]. - <https://controleng.ru/apparatnye-sredstva/kompleksnye-resheniya/> (10.03.2024).
3. Основы эксплуатации газотурбинных установок на магистральных газопроводах / А.Н. Козаченко // ГАНГ им. И.М. Губкина. М. - 1996.
4. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты / Щуровский В.А., Зайцев Ю.А. // М.: Недра - 1994.
5. Ситуационное восприятие. новый подход к дизайну человеко-машинных интерфейсов [электронный ресурс]. - <https://isup.ru/articles/2/5410/> (07.03.2024).

Эффективное управление приводом ленточного конвейера

Тарамов Ю. Х.¹, Сайнов Б. К.²

*1 - Национальный исследовательский технологический университет МИСиС,
г. Москва, Россия,*

*2 - Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика
М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия*

Введение

Ленточные конвейеры оказались наиболее эффективным и экономичным методом перемещения сыпучих материалов в горнодобывающей промышленности. На протяжении десятилетий система двигателей переменного тока с фазным ротором и пусковыми резисторами была решением для привода крупномасштабных конвейерных систем с фиксированной скоростью. Эти надежные и высокопроизводительные приводы успешно применялись во многих конвейерных системах по всему миру и в то время считались самыми современными.

Сегодня инновационные и эффективные приводы переменного тока являются основой современных систем привода конвейеров.

Но для создания усовершенствованной системы привода конвейера недостаточно просто выбрать систему привода переменного тока и подключить ее к механическим компонентам — это нечто большее. Именно выбор правильной системы привода переменного тока на основе требований применения конвейера и системы управления технологией заставляет систему привода переменного тока вести себя таким образом, который наиболее соответствует всем требованиям ленточных конвейеров. В этой работе описываются преимущества инновационно разработанных систем управления конвейерами в сочетании с инновационной системой привода переменного тока. Предлагаемое решение представляет собой полностью интегрированное решение для конвейерных систем, обеспечивающее экономию энергии, доступность и снижение износа оборудования [1], [2].

Учитывая инвестиционные затраты на конвейеры, основную часть составляют основные механические компоненты, такие как приводы и ленты. Сам ремень, безусловно, является самой большой частью. Для поддержания этих активов важно выбрать правильную систему привода в соответствии с требованиями ленточных конвейеров. Типичные требования к ленточному конвейеру — это минимизация натяжения ремня при ускорении и замедлении, минимизация поступательных колебаний при ускорении и торможении, управление и ограничение крутящего момента двигателя и т.д. Тщательно подобранная концепция управления и привода обеспечивает бесперебойную работу конвейера.

Основываясь на вышеупомянутых требованиях, динамическом поведении и проблемах окружающей среды, необходимо выбрать решение привода ленточных конвейеров, чтобы получить высокопроизводительное и инновационное решение привода конвейера [3].

Предлагаемое решение

Для удовлетворения вышеупомянутых требований, традиционные системы привода, такие как двигатель переменного тока с фазным ротором и пусковыми резисторами или асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором в сочетании с гидромuftами, будут лишь компромиссом. Идеальная конфигурация привода для крупногабаритных ленточных конвейеров должна основываться на надежных асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором, питаемых преобразователем частоты с векторным управлением, включая технологический контроллер для применения на ленточных конвейерах. С помощью этой системы привода можно направлять крутящий момент двигателя в соответствии с требованиями к нагрузке от ремня и обеспечивать правильное распределение нагрузки между двигателями или даже между шкивами в случае применения нескольких двигателей или нескольких шкивов. Благодаря тому, что этот тип приводов способен управлять скоростью ленты при разгоне/ замедлении без нагрузки, частичной нагрузке, полной нагрузке и во всем диапазоне скоростей, будет достигнут ряд преимуществ. К этим преимуществам относятся, например, уменьшение проскальзывания во всех режимах работы, точное время запуска и остановки независимо от загрузки конвейера, а также

одновременный запуск и остановка конвейерных систем. Кроме того, весь процесс обработки сыпучих материалов можно контролировать в соответствии с требованиями предприятия или процесса. Кроме того, не требуются дополнительные приводы или зубчатые входы для работы на медленной скорости. В случае остановки конвейера или при использовании спускаемого конвейера можно легко обеспечить рекуперативный режим. Кроме того, возможна остановка с регулируемой скоростью в случае потери сети, чтобы уменьшить нагрузку на механические компоненты, включая механический тормоз. В целом, частотно-регулируемые приводы (ЧРП) способны управлять поведением асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, так что многие приложения в сфере погрузочно-разгрузочных работ, а также в других отраслях промышленности. Но если речь идет о ленточном конвейере с несколькими двигателями или даже с несколькими шкивами, управление ЧРП очень быстро достигает своих пределов. Без дополнительных опций управления ЧРП не может гарантировать правильную работу больших ленточных конвейеров. Для решения данной проблемы, компания Siemens - немецкий конгломерат, работающий в области электротехники, разработала систему технологического контроллера, отвечающую требованиям ленточных конвейеров. Проблема с несколькими приводами для конвейеров заключается в механической конфигурации. Обычно два двигателя подключаются через две шестерни к одному шкиву. Согласно теории управления, шестерни ведут себя как пружина, а двигатели и шкивы — как вращающаяся масса. Эта конфигурация представляет собой систему массовых пружин и ведет себя как механический осциллятор. Технологический контроллер следит за тем, чтобы во всех режимах работы, таких как ускорение, замедление, разгрузка, частичная и полная нагрузка, не возникало колебаний. Дальнейшими задачами системы управления являются правильное распределение нагрузки между двигателями, а в случае нескольких шкивов также между шкивами. Чтобы избежать колебаний ремня во время ускорения и замедления, специально разработанный генератор функции плавного изменения скорости обеспечивает задание скорости для контроллера скорости ленты. График на рисунке 1 показывает, насколько плавным может быть запуск ленточного конвейера [1], [5].

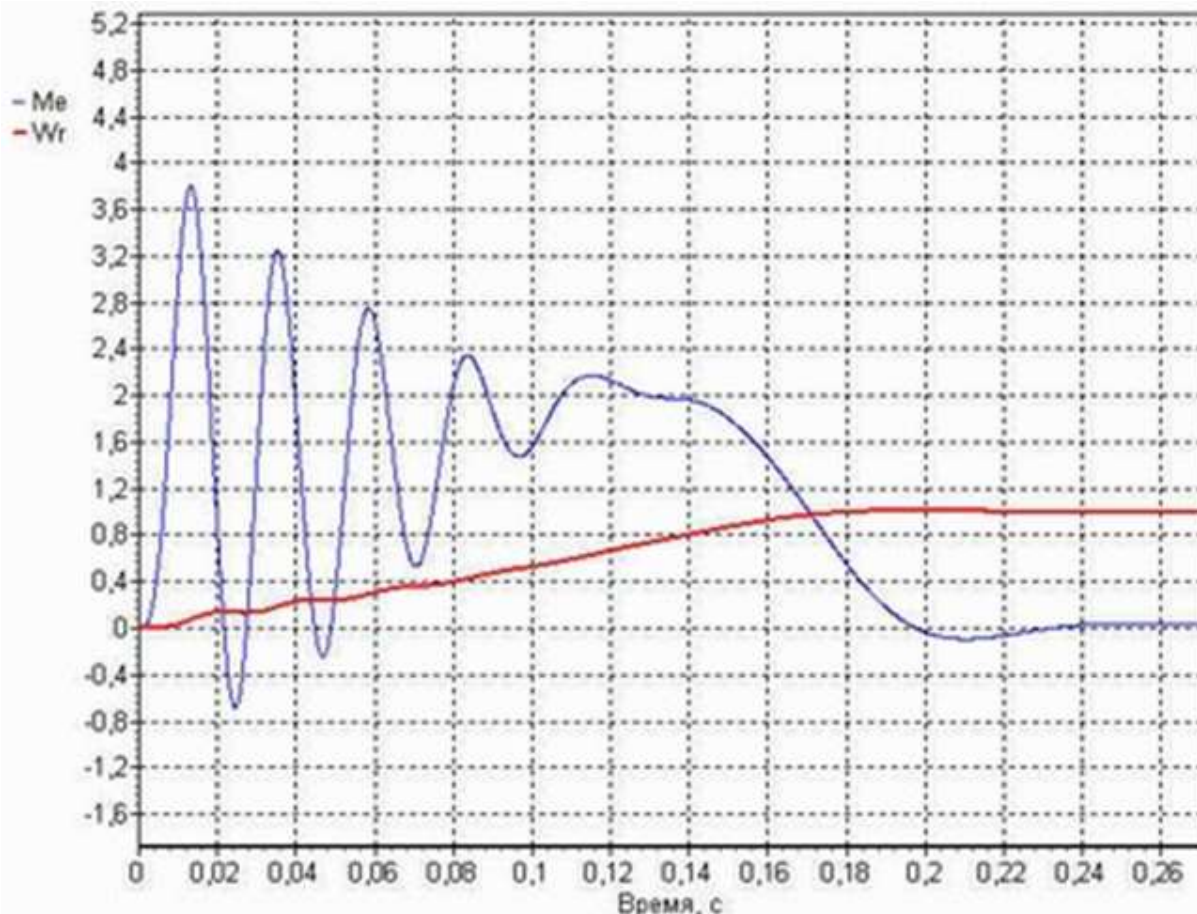


Рисунок 1 – График плавного запуска привода ленточного конвейера.

Заключение

Там, где экономия энергии, доступность, надежность, снижение износа оборудования и труднопроходимая местность являются проблемой, системы привода ленточных конвейеров с регулируемой скоростью являются наиболее экономичным вариантом привода для больших ленточных конвейеров.

Библиографический список:

1. Беккер Н., Управление приводом ленточного конвейера: как обеспечить устойчивость и энергоэффективность, Журнал «Обработка сыпучих материалов» Том 31 (2011) № 2.
2. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для ВУЗов / М.П.Белов, В.А.Новиков, Л.Н.Рассудов. – 3-е изд., испр. –М.: Издательский центр «Академия», 2007.
3. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П., Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч 4. Тиристорные преобразователи для электроприводов постоянного тока: Учебное пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2003
4. Выбор электропривода конвейеров [Электронный ресурс]: Школа для электрика. <http://www.electricalschool.info/elprivod/1158-vybor-jelektroprivoda-konvejjerov.html>

УДК 620.92

Текущее состояние электроэнергетической системы Вьетнама и решения для накопления электроэнергии

Нгуен Ван Тхань

Научный руководитель – Бельский А. А.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, России*

В последние десятилетия Вьетнам активно внедряет стратегию перехода к чистой энергетике, выполняя этот процесс ускоренными темпами. Усилия правительства направлены на снижение зависимости от угля и нефти в производстве электроэнергии и обеспечения экологической устойчивости.

Вьетнам обладает высоким потенциалом по использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), поэтому в стране идет активная работа по развитию проектов ветровых и солнечных электростанций. Они обеспечивают снижения уровня выбросов парниковых газов, диверсифицируют производство электроэнергии и повышают энергетическую безопасность страны.

В последние годы обозначилась проблема – дефицит электроэнергии на Севере и профицит электроэнергии в Центре и на Юге страны. Недостаток электроэнергии обусловлены большим количеством кластеров индустриальных парков, сосредоточенных на Севере. Вновь строящиеся проекты возобновляемой энергетики сосредоточены в основном в центральном и южном регионах, а линии электропередачи не удовлетворяют по пропускной способности.

Решение проблемы состоит в том, чтобы построить больше систем хранения энергии, тем самым повысить эффективность генерации на основе ВИЭ и снизить пиковые нагрузки на линии электропередачи.

Вьетнам – страна с тропическим климатом и муссонными ветрами, обладающая большим потенциалом в области ветроэнергетики и солнечной энергии. К концу 2023 года общая установленная мощность возобновляемых источников энергии (не включая гидроэнергетику) составила 21664 МВт, это 26,9% от установленной мощности всей энергосистемы Вьетнама. Производство электроэнергии от них составило около 13,6%. Структура распределения установленной мощности и генерируемого количества электроэнергии по видам генерации мощности Вьетнама в 2023 году представлена на рис. 1.

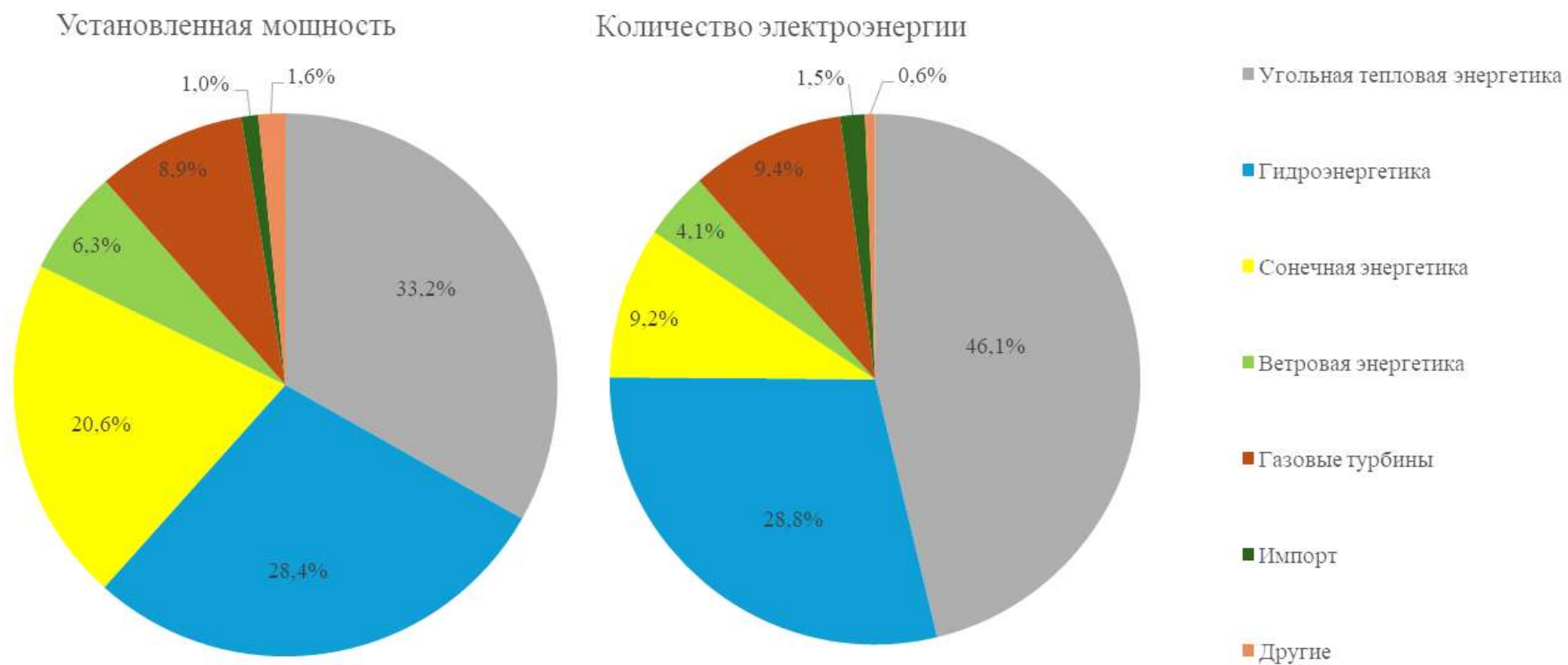


Рисунок 1 – Структура распределения мощности и количества электроэнергии Вьетнама в 2023г [1].

Во Вьетнаме, спрос на электроэнергию в рамках страны неравномерен – высок на Севере и Юге, но низок в центральном регионе. На Севере страны находятся крупные промышленные районы, ответственные за более чем половину потребления всей электроэнергии[2]. В период пикового спроса, в особенности в летние жаркие дни, возникает дефицит доступной электрической мощности.

Подобную проблему можно объяснить следующим образом: основными источниками производства электроэнергии на Севере являются гидроэлектростанции и угольные тепловые электростанции. Во время летних месяцев уровень воды в резервуарах значительно снижается, что отрицательно сказывается на возможности генерации необходимой мощности. При этом, угольные электростанции часто сталкиваются с техническими проблемами, связанными с работой при повышенных нагрузках, что влияет на общий энергетический баланс региона.

В Центре и на Юге страны успешно реализован ряд крупных проектов по внедрению солнечных и ветровых энергоустановок (рис.2). Тем не менее, быстрый рост количества электростанции на основе ВИЭ значительно превышает текущий уровень потребления электроэнергии в этих регионах. Необходимо отметить, что линии электропередачи, соединяющие северные и южные регионы с напряжением до 500 кВ, периодически испытывают перегрузки. Это способствует развитию аварийных ситуаций в распределительных сетях и отключению потребителей для разгрузки энергосистемы.

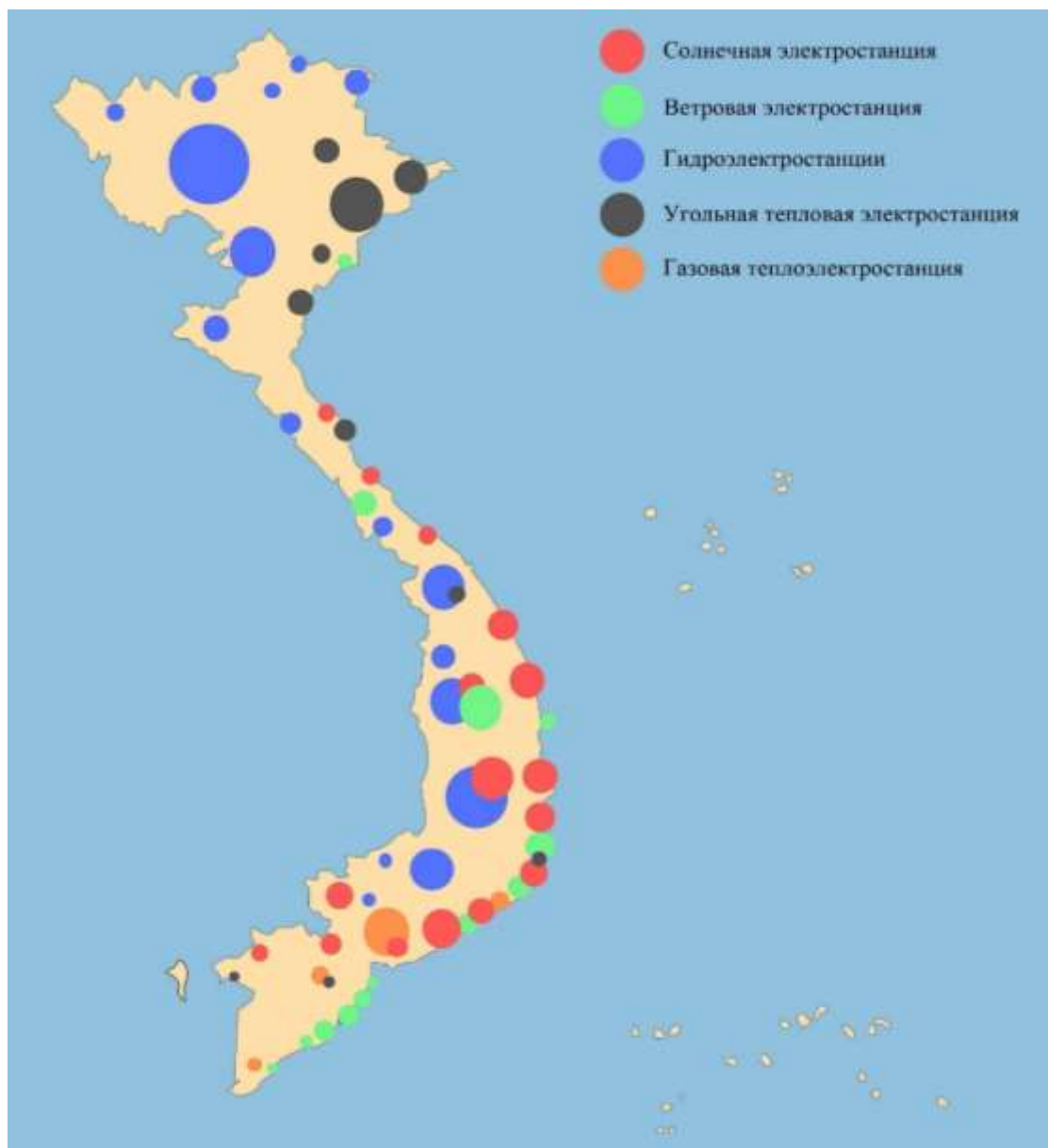


Рисунок 2 – Карта распределения электростанций Вьетнама[источник EVN].

Для решения указанной проблемы наиболее эффективным решением будет внедрение в электрическую систему систем хранения энергии. Решения по хранению энергии способствуют снижению нагрузки на сеть, повышению стабильности перетоков мощности, уменьшению потребности в резервной мощности системы и позволяют осуществлять активную коррекцию кривых нагрузки между пиковыми и непиковыми периодами. Это, в свою очередь, увеличивает гибкость работы сети и расширяет возможности интеграции возобновляемых источников энергии в энергетическую систему.

В настоящее время в мире существуют следующие методы хранения энергии: гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), химические источники тока (ХИТ), хранение энергии сжатого воздуха (ХЭСВ) и хранения энергии водородом.

Таблица 1 - Характеристика технологии хранения энергии[3,4]

Технология	Мощность (МВт)	Количество доступной энергии(МВт·ч)	Продолжительность хранения	Время отклика	Эффективность (%)
ГАЭС	100-5000	400-20000	часы-годы	1-2 мин.	70-85
ХИТ	< 100	< 200	секунды-часы	секунды	60-80
ХЭСВ	5-300	1000-3000	часы-месяцы	1-2 мин.	42-67
Водород	< 50	< 100	часы-месяцы	сек.-мин.	18-46

Таблица 2 - Сравнение технологии хранения энергии [автор]

Технология	Преимущества	Недостатки
ГАЭС	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая эффективность преобразования энергии. - Длительный срок службы. - Низкая стоимость за кВт·ч. - Возможность использования водных ресурсов для хранения энергии. - Регулирование воды и предотвращение наводнений - Могут способствовать развитию систем ирригации сельскохозяйственных земель. 	<ul style="list-style-type: none"> - Высокие затраты на строительство. - Зависимость от наличия водоемов. - Возможное негативное воздействие на экологию и фауну.
ХИТ	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая плотность энергии. - Легкая масштабируемость. - Широкое применение в различных областях. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограниченный срок службы. - Потенциальные проблемы с безопасностью. - Возможная токсичность материалов.
ХЭСВ	<ul style="list-style-type: none"> - Низкая стоимость хранения. - Экологичность. - Возможность использования для стабилизации сетей в часы пикового потребления. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограниченные возможности по масштабированию. - Проблемы с низким КПД.
Водород	<ul style="list-style-type: none"> - Способность сохранения в течение длительного периода времени. - Пригодность для различных применений. 	<ul style="list-style-type: none"> - Не высокая эффективность - Высокие инвестиционные затраты. - Риски безопасности.

В контексте рассмотрения ситуации во Вьетнаме ГАЭС представляются наиболее подходящим вариантом. Учитывая климатические особенности страны, характеризующиеся изобилием водных ресурсов, ГАЭС имеют потенциал для обеспечения стабильности

энергосистемы, а также для эффективного управления нагрузкой с использованием местных возобновляемых ресурсов. Согласно Национальному плану развития электроэнергетики Вьетнама на период 2021 – 2030 годов с перспективой до 2050 года (планирование электричества VIII) планируется 3,6 ГВт ГАЭС, включая проекты: ГАЭС Бак Ай (1200 МВт – период 2026 – 2030 гг.), ГАЭС Фуокоа (1200 МВт – период 2026 – 2030 гг.), ГАЭС Донг Фуйен (900 МВт – период 2031 – 2035 гг.), ГАЭС Донзыонг (300 МВт – период 2031 – 2035 гг.).

Однако, развитие ГАЭС столкнулось с проблемами в ценах на электроэнергию. Для решения этой проблемы необходимо, чтобы государственные органы разработали комплексную стратегию торговли электроэнергией для ГАЭС, учитывая нестабильность рынка электроэнергии. Важно разработать меры и инструменты, способствующие созданию сбалансированной системы покупки и продажи электроэнергии, а также развивать механизмы ценообразования, учитывая особенности работы ГАЭС и электростанций на основе ВИЭ. Также необходимо учитывать глобальные тенденции в энергетике, экологические аспекты и стимулирование использования возобновляемых источников энергии при формировании стратегии в области электроэнергетики.

Биографический список

Vietnam Electricity Group в 2023 году – работа в условиях непредсказуемых колебаний [Электронный ресурс]. - <https://clck.ru/39oPvL> (Дата обращения 09.01.2024)

11 июля: Сильная жара, потребление электроэнергии на Севере составляет более 50% производства страны [Электронный ресурс]. <https://congthuong.vn/ngay-117-nang-nong-gay-gat-tieu-thu-dien-mien-bac-chiem-tren-50-san-luong-ca-nuoc-261991.html> (Дата обращения 13.06.2023)

Hunt J. D. et al. Compressed air seesaw energy storage: A solution for long-term electricity storage // Journal of Energy Storage. - 2023. - Vol. 60. - P. 106638. - ISSN 2352-152X.

Muhammed Y. Worku. Recent Advances in Energy Storage Systems for Renewable Source Grid Integration: A Comprehensive Review // Sustainability. - 2022. - T. 14, № 10. - С. 5985.

УДК 621.317.733

Измерительные мосты. Их виды, использование и унификация

Дементьев И. А., Базарова А. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Основные понятия

Измерительный мост – это устройство, которое используются для измерения параметров электрических цепей, таких как активное сопротивление, индуктивность, ёмкость конденсатора, частота и фазовый угол. мосты обычно весьма точны. Примеры измерительных мостов показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Примеры измерительных мостов постоянного (слева) и переменного (справа) токов/

Одной из самых известных мостовых схем является измерительный мост Уитстона [1] (рисунок 2, слева). Этот мост применим для цепей постоянного тока, однако именно он лёг в основу измерительных мостов переменного тока (рисунок 2, справа). Разница лишь в характере сопротивлений – только активные сопротивления R в случае моста постоянного тока и комплексные сопротивления $\underline{Z} = R + j \cdot X$ для цепей переменного тока.

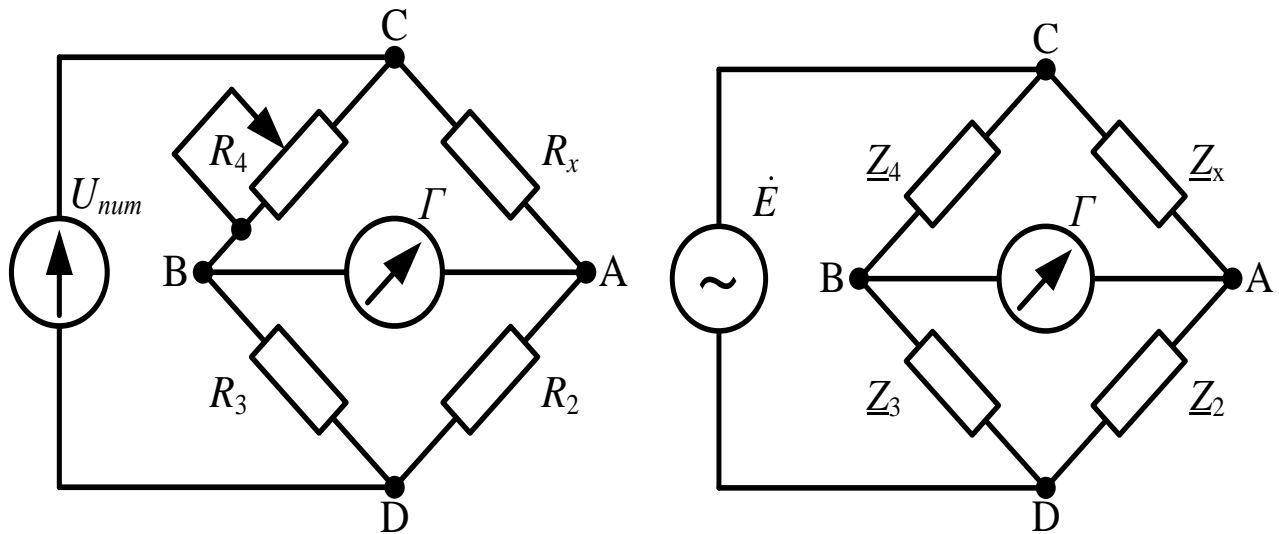


Рисунок 2 – Измерительные мосты постоянного (слева) и переменного тока (справа)/

Схемы содержат источник питания, измерительный прибор (гальванометр или нуль-индикатор) и 4 плеча (сопротивления).

Мосты бывают уравновешенными (показания гальванометра нулевые) и неуравновешенными. В нашей статье будем рассматривать лишь уравновешенные мосты.

Условием равновесия для рассматриваемых мостов будут:
для моста постоянного тока

$$U_{CA} = U_{CB}; U_{BD} = U_{AD}, \Rightarrow, I_1 \cdot R_x = I_4 \cdot R_4; I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3.$$

$$I_G = 0, \Rightarrow, I_1 = I_2, I_3 = I_4, \Rightarrow, \frac{R_x}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}, \Rightarrow, R_x = R_4 \cdot \frac{R_2}{R_3}.$$

для моста переменного тока

$$\underline{Z}_x \cdot \underline{Z}_3 = \underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_4, \Rightarrow, Z_x \cdot e^{j \cdot \varphi_x^\circ} \cdot Z_3 \cdot e^{j \cdot \varphi_3^\circ} = Z_2 \cdot e^{j \cdot \varphi_2^\circ} \cdot Z_4 \cdot e^{j \cdot \varphi_4^\circ}, \Rightarrow, \begin{cases} Z_x \cdot Z_3 = Z_2 \cdot Z_4; \\ \varphi_x^\circ + \varphi_3^\circ = \varphi_2^\circ + \varphi_4^\circ. \end{cases}$$

То есть мост переменного тока нужно уравновешивать необходимо и активной, и реактивную составляющие плеч, т.е. и по модулю, и по фазе [2].

Проблема

Для того, чтобы уметь работать с измерительными мостами нужно понимать как они работают. Да, в литературе и в сети интернет есть описание, но проблема в том, что почти каждый автор или сайт приводит свои собственные варианты измерительных мостов, причём они отличаются и расположением источника, и измерительной диагонали, а также, обозначение элементов плеч и расположение измеряемого сопротивления тоже меняется. Примером такого разнообразия может послужить мост Шеринга – на рисунке 3 представлены несколько вариантов.

Такое многообразие схем и условий крайне усложняет восприятие материала по измерительным мостам, а, следовательно, и её понимание. Поэтому, для решения озвученной проблемы, было принято решение об унификации измерительных схем с выводом соответствующих условий равновесия. Далее будут представлены уже приведённые к единой системе схемы.

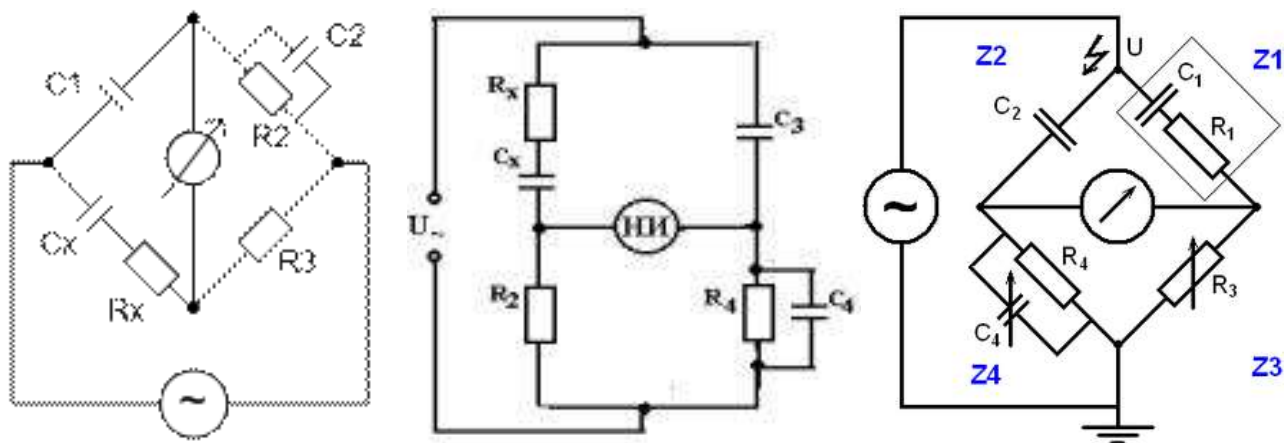


Рисунок 3 – Варианты измерительного моста Шеринга.

Измерение ёмкости конденсатора и его тангенса угла диэлектрических потерь

Важно отметить, что реальный конденсатор всегда обладает потерями. Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля [3]. Способность диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле характеризуют тангенсом угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$.

Реальный конденсатор можно представить и последовательной и параллельной схемой замещения. При малых потерях в диэлектрике применяют последовательную схему замещения (рисунок 4, а), а при больших потерях – параллельную схему (схема б). Для измерения ёмкости и для точного определения $\operatorname{tg} \delta$ может использоваться мост Шеринга (схема в), а мост Вина (схема г) позволяет не только измерить неизвестную ёмкость, но и неизвестную частоту.

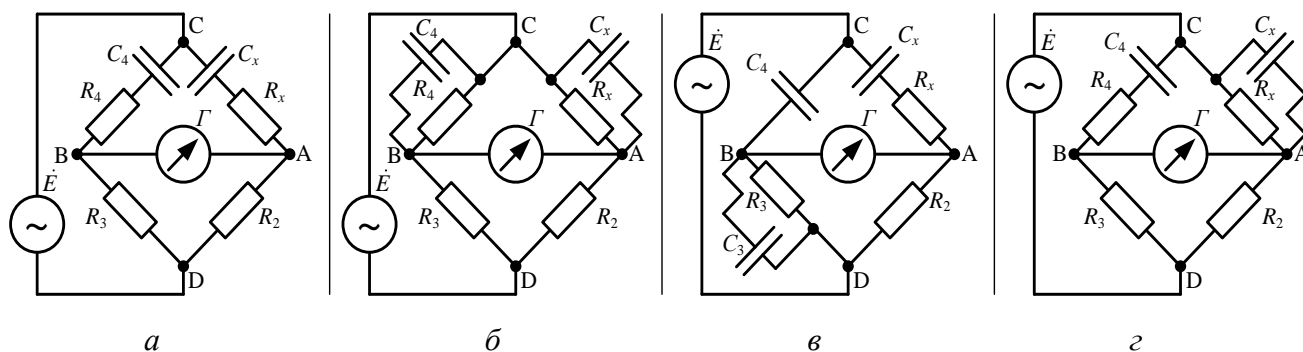


Рисунок 4 – Измерительные мосты для измерения ёмкости и $\operatorname{tg} \delta$.

Для схемы, показанной на рисунке 4, а:

$$\left(R_x - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_x} \right) \cdot R_3 = \left(R_4 - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_4} \right) \cdot R_2.$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4; \quad C_x = \frac{R_3}{R_2} \cdot C_4; \quad \operatorname{tg} \delta = \omega \cdot C_x \cdot R_x = \omega \cdot C_4 \cdot R_4.$$

Для схемы, показанной на рисунке 4, б:

$$\left(\frac{R_x}{j \cdot \omega \cdot C_x \cdot R_x + 1} \right) \cdot R_3 = \left(\frac{R_4}{j \cdot \omega \cdot C_4 \cdot R_4 + 1} \right) \cdot R_2.$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4; \quad C_x = \frac{R_3}{R_2} \cdot C_4; \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega \cdot C_x \cdot R_x} = \frac{1}{\omega \cdot C_4 \cdot R_4}.$$

Примечательно, что у таких мостов есть возможность уравнивания по обеим составляющим с помощью активных сопротивлений.

Мост Шеринга (рисунок 4, в) используется для измерения ёмкости неизвестного конденсатора и для точного определения его $\operatorname{tg} \delta$:

$$\left(R_x - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_x} \right) \cdot \left(\frac{R_3}{j \cdot \omega \cdot C_3 \cdot R_3 + 1} \right) = \left(-j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_4} \right) \cdot R_2.$$

$$R_x = \frac{C_4}{R_2} \cdot C_3; \quad C_x = \frac{R_2}{C_4} \cdot R_3; \quad \operatorname{tg} \delta = \omega \cdot C_x \cdot R_x = \omega \cdot C_3 \cdot R_3.$$

Важное свойство моста Шеринга – возможность использования в цепях высокого напряжения.

Мост Вина (рисунок 4, г) представляет собой своеобразную «комбинацию» двух описанных выше мостов. Фактически он имеет наибольшее применение при определении частоты в избирательных RC -цепях. При балансе моста выполняются соотношения:

$$\left(\frac{R_x}{j \cdot \omega \cdot C_x \cdot R_x + 1} \right) \cdot R_3 = \left(R_4 - j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C_4} \right) \cdot R_2.$$

$$\frac{C_x}{C_4} = \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_4}{R_x}; \quad C_4 \cdot C_x = \frac{1}{\omega^2 \cdot R_4 \cdot R_x}.$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C_4 \cdot C_x \cdot R_4 \cdot R_x}}.$$

На практике ёмкости C_4 и C_x постоянны, $R_4 = R_x$ – известные переменные сопротивления, которые регулируются общей ручкой, а $R_2 = 2 \cdot R_3$. Тогда:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_4 \cdot R_4}.$$

Получается, что мост можно уравновесить лишь сопротивлением R_4 . При этом калибровка осуществляется непосредственно в значениях частоты.

Важно отметить, что из-за чувствительности моста Вина к частоте возникает необходимость предварительной фильтрации входной сигнал, если тот содержит гармоники.

Измерение индуктивности и взаимной индуктивности катушек

Любая катушка индуктивности обладает индуктивностью L_x , взаимной индуктивностью M_x и активным сопротивлением R_x . Также, в отношении катушек индуктивности, часто пользуются понятием добротности Q_x . Для измерения индуктивности при помощи мостов неизвестную индуктивность сравнивают или с известной индуктивностью, или известной ёмкостью.

В схеме, показанной на рисунке 5, а неизвестную индуктивность L_x сравнивают с известной индуктивностью L_4 . При уравнивании моста регулируют R_4 и L_4 . Резистор r в схему включают чтобы расширить диапазон измеряемых индуктивностей. Это связано с тем, что катушки индуктивности имеют относительно большие собственные сопротивления. Условия равновесия моста:

$$(R_x + j \cdot \omega \cdot L_x + r) \cdot R_3 = (R_4 + j \cdot \omega \cdot L_4) \cdot R_2.$$

$$L_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot L_4; \quad R_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4 - r.$$

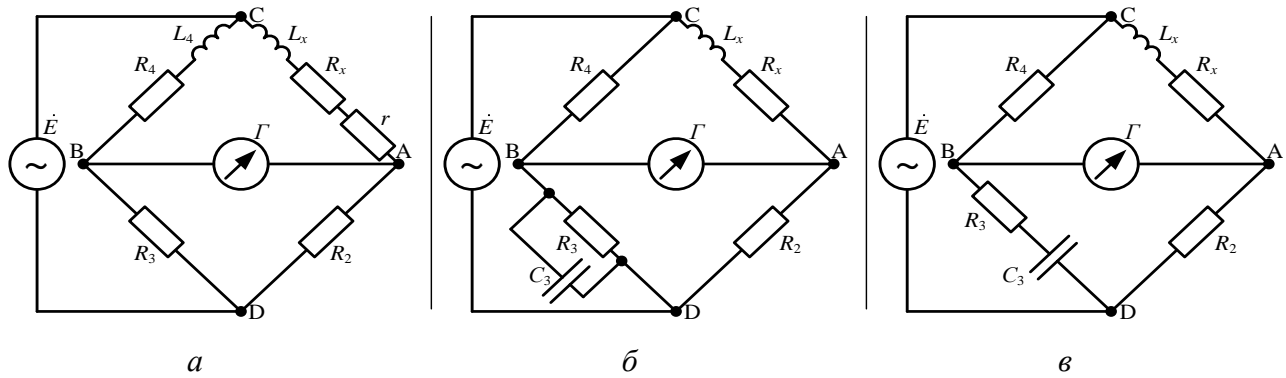


Рисунок 5 – Измерительные мосты для измерения параметров катушек индуктивности.

Данный мост используется довольно редко так как получение стабильных и точных образцовых индуктивностей сопряжено с рядом сложностей.

Моста, представленный на рисунке 5, б, уравнивают с помощью резистора R_2 и конденсатора C_3 . При этом обеспечивается независимое уравнивание R_x и L_x :

$$(R_x + j \cdot \omega \cdot L_x) \cdot \left(R_3 - \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3} \right) = R_4 \cdot R_2.$$

$$L_x = \frac{R_4 \cdot R_2}{C_3}; \quad R_x = \frac{R_4 \cdot R_2}{R_3}.$$

Согласно ГОСТ 20718-75, добротность катушки индуктивности – отношение индуктивного сопротивления катушки индуктивности к её активному сопротивлению. Тогда:

$$Q_x = \frac{\omega \cdot L_x}{R_x} = \omega \cdot R_3 \cdot C_3.$$

Из анализа последней формулы можно понять, что такой мост должен использоваться для измерения индуктивности катушек с малой добротностью ($Q < 10$), иначе резистор R_3 должен иметь слишком большое сопротивление.

Для измерения индуктивности с высокой добротностью используют мост, схема которого показана на рисунке 5, в:

$$(R_x + j \cdot \omega \cdot L_x) \cdot \frac{R_3}{j \cdot \omega \cdot C_3 \cdot R_3 + 1} = R_4 \cdot R_2.$$

$$L_x = \frac{R_2 \cdot R_4 \cdot C_3 \cdot Q_x^2}{1 + Q_x^2}; \quad R_x = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_3 \cdot (1 + Q_x^2)}; \quad Q_x = \frac{1}{\omega \cdot R_3 \cdot C_3}.$$

Равновесие этого моста зависит от частоты, что является недостатком при низкой добротности. Но при $Q_x > 10$ будет выходить, что $Q_x^2 \approx Q_x^2 + 1$. Тогда $L_x \approx R_2 \cdot R_4 \cdot C_3$, то есть результат измерения индуктивности катушки не будет зависеть от частоты.

Для определения дифференциальной индуктивности используется мост, схема которого показана на рисунке 6, а.

Равновесие моста для R_x и L_x достигается при регулировке R_2 и C_3 . Причём можно обеспечить независимое равновесие для каждого из измеряемых параметров:

$$(R_x + j \cdot \omega \cdot L_x + r) \cdot \left(-\frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3} \right) = R_4 \cdot \left(R_2 - \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_2} \right).$$

$$L_x = R_4 \cdot R_2 \cdot C_3; \quad R_x = R_2 \cdot \frac{C_3}{C_4} - r.$$

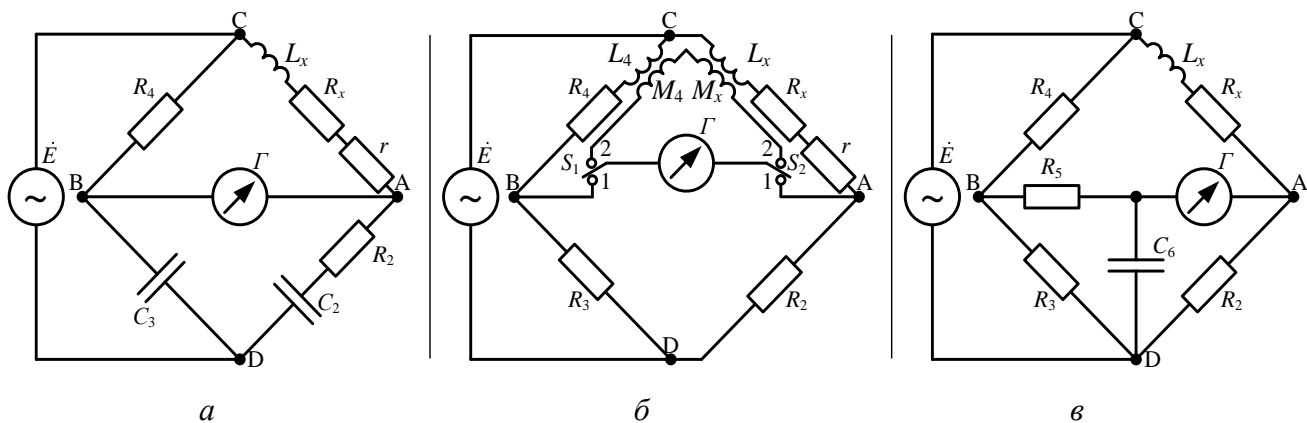


Рисунок 6 – Измерительные мосты для измерения индуктивности и взаимной индуктивности.

Также как и в рассмотренной ранее схеме, сопротивление r , включают для расширения диапазона измеряемых индуктивностей.

Мост, показанный на рисунке 6, б используется для измерения коэффициента взаимной индуктивности катушки. Условия равновесия моста определяются выражениями:

$$M_x = \frac{R_3}{R_2} \cdot M_4; \quad L_x = \frac{R_3}{R_2} \cdot L_4; \quad R_x = \frac{R_3}{R_2} \cdot R_4.$$

Почти все представленные схемы измерения индуктивности в своих плечах используют конденсаторы постоянной ёмкости и переменные резисторы. Это даёт удобные прямые отчёты значений измеряемых индуктивностей L_x и добротностей Q_x катушек, но при малых значениях этой добротности обладают плохой сходимостью. Особое затруднение вызывают случаи, когда $Q = 1$. Лучшим вариантом при измерении значения коэффициента добротности катушек имеют шестиплечие мосты (рисунок 6, в). Неизвестные величины в такой схеме будут равны:

$$L_x = C \cdot \frac{R_2}{R_4} \cdot [R_3 \cdot R_4 + R_5 \cdot (R_3 + R_4)]; \quad R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}; \quad Q_x = \omega \cdot R_3 \cdot C \cdot [R_3 \cdot R_4 + R_5 \cdot (R_3 + R_4)].$$

Примечательно, что R_x не зависит от сопротивления R_5 . Именно этим объясняется хорошая сходимость моста, ведь равенство $R_x \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ не нарушается при дальнейшей регулировке моста резистором R_5 , необходимой для выполнения первого условия равновесия [5].

Вывод

По мнению авторов, унификация измерительных схем значительно упростит воспринимаемость этих схем и их понимание. Также хочется отметить, что полученные обновлённые схемы и выведенные условия равновесия к ним будут использованы авторами и их коллегами в учебном процессе при ведении дисциплины «Электрические и компьютерные измерения» у бакалавров направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, а также дисциплин секции метрологии и стандартизации кафедры электроэнергетики, метрологии и лесопромышленных технологий.

Библиографический список:

1. Солопченко Г. Н., Электроника и информационно-измерительная техника. Часть 2. Информационно-измерительная техника: учебное пособие / Г. Н. Солопченко. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2010. – 226 с.
2. Мостовые измерения, типы мостов, измерительные схемы [Электронный ресурс]. – <https://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/1436-mostovye-izmerenija.html> (дата обращения 05.03.2024)
3. Мосты для измерения емкостей [Электронный ресурс]. – <https://analogiu.ru/4/4-3-2.html> (дата обращения 05.03.2024).

4. Мосты для измерения индуктивности [Электронный ресурс]. – <https://analogiu.ru/4/4-3-1.html> (дата обращения 05.03.2024).
5. Данилов М. И., Информационно-измерительная техника и электроника : учебно-методическое пособие к практическим занятиям / М. И. Данилов, И. Г. Романенко, С. С. Ястребов, В. А. Мамаев. – Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2013. – 102 с.

УДК 62-838

Анализ системы прямого управления моментом на основе трехуровневого автономного инвертора с фиксированной нейтральной точкой

Нгуен Тхе Хиен

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, России*

В горнодобывающей промышленности одним из важных аспектов энергосбережения является переход от нерегулируемых к регулируемым электрическим приводам, что было исследовано в [1]. Этот переход приносит множество преимуществ, включая экономию электроэнергии и оптимизацию производственных процессов [2].

Для улучшения энергоэффективности многие предприятия и компании внедряют технологию частотного регулирования для асинхронных электрических приводов. Использование частотных преобразователей позволяет сократить расходы на электроэнергию, повысить экономическую эффективность эксплуатации, обеспечить более надежную работу оборудования, увеличить срок службы двигателей и механизмов, а также повысить производительность и внедрить интеллектуальные системы управления электрическими приводами [3].

Гармонические искажения, которые являются нежелательными изменениями в электрическом токе, могут вызывать серьезные проблемы для автоматизированных асинхронных приводов [4]. Они вызывают помехи и искажения в линии постоянного тока, что приводит к снижению эффективности и иногда вызывает серьезные проблемы, такие как сбои в передаче данных, перегрев и повреждение аппаратуры. Для решения этой проблемы в горнодобывающей промышленности используются различные методы, такие как активные фильтры или многоуровневые инверторы. Активные фильтры позволяют устранять нежелательные гармонические искажения, вводя компенсирующий ток в систему. Однако их внедрение в промышленность сопряжено с определенными трудностями из-за сложных структур и алгоритмов управления.

Система прямого управления моментом (DTC) на основе трехуровневого автономного инвертора NPC является передовым методом в области электропривода. Она обеспечивает высокую производительность и точность управления двигателем. Применение DTC и трехуровневого автономного инвертора NPC позволяет эффективно и гибко управлять двигателем, минимизируя воздействие гармоник и оптимизируя производительность электропривода [5].

В настоящем исследовании авторы представляют новый подход к управлению асинхронным двигателем, основанный на использовании трехуровневого частотного преобразователя с точкой нейтрали NPC и предложенной таблицы переключения напряжения. Целью работы является оценка эффективности предложенного метода с использованием моделирования в среде Matlab/Simulink.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- Разработка модели асинхронного двигателя и трехуровневого частотного преобразователя с точкой нейтрали NPC в среде Matlab/Simulink.
- Проведение модельных испытаний с использованием предложенной таблицы переключения напряжения.
- Анализ результатов моделирования для оценки производительности системы при применении предложенного метода.

Полученные результаты свидетельствуют о успешности предложенного подхода в улучшении производительности системы управления асинхронным двигателем. Это открывает перспективы для его широкого применения в промышленных системах и вносит важный вклад в развитие области управления асинхронными двигателями.

Ограничения при исследовании трехуровневого автономного инвертора NPC по схеме его подключения асинхронного двигателя к источнику постоянного напряжения без моторного дросселя:

- во время работы инвертора в любой момент времени включается набор из двух переключателей;
- формирование выходных напряжений должно по периодическому закону;
- пара в одной стойки должны находиться в противостояния;
- изменение состояния инвертора за счет переключения пары переключателей.

Таблица 1 - Возможные состояния переключения напряжения строек

Состояние	Sx1	Sx2	Sx3	Sx4
P	1	1	0	0
O	0	1	1	0
N	0	0	1	1

Из таблицы 1 можно делать вывод, что векторы напряжения трехуровневого инвертора включают в себя четыре основные группы:

- нулевые векторы: V0 – 000; V7 – PPP; V26 - NNN
- короткие векторы: V1- POO; V2 – PPO; V3 – OPO; V4 – OPP; V5 – OOP; V6 – POP; V8 – ONN; V9 – OON; V10 – NON; V11 – NOO; V12 – NNO; V13 – ONO;
- длинные векторы: V14 – PNN; V15 – PPN; V16 – NPN; V17 – NPP; V18 – NNP; V19 – PNP;
- средние векторы: V20 – PON; V21 – OPN; V22 – NPO; V23 – NOP; V24 – ONP; V25 – PNO;

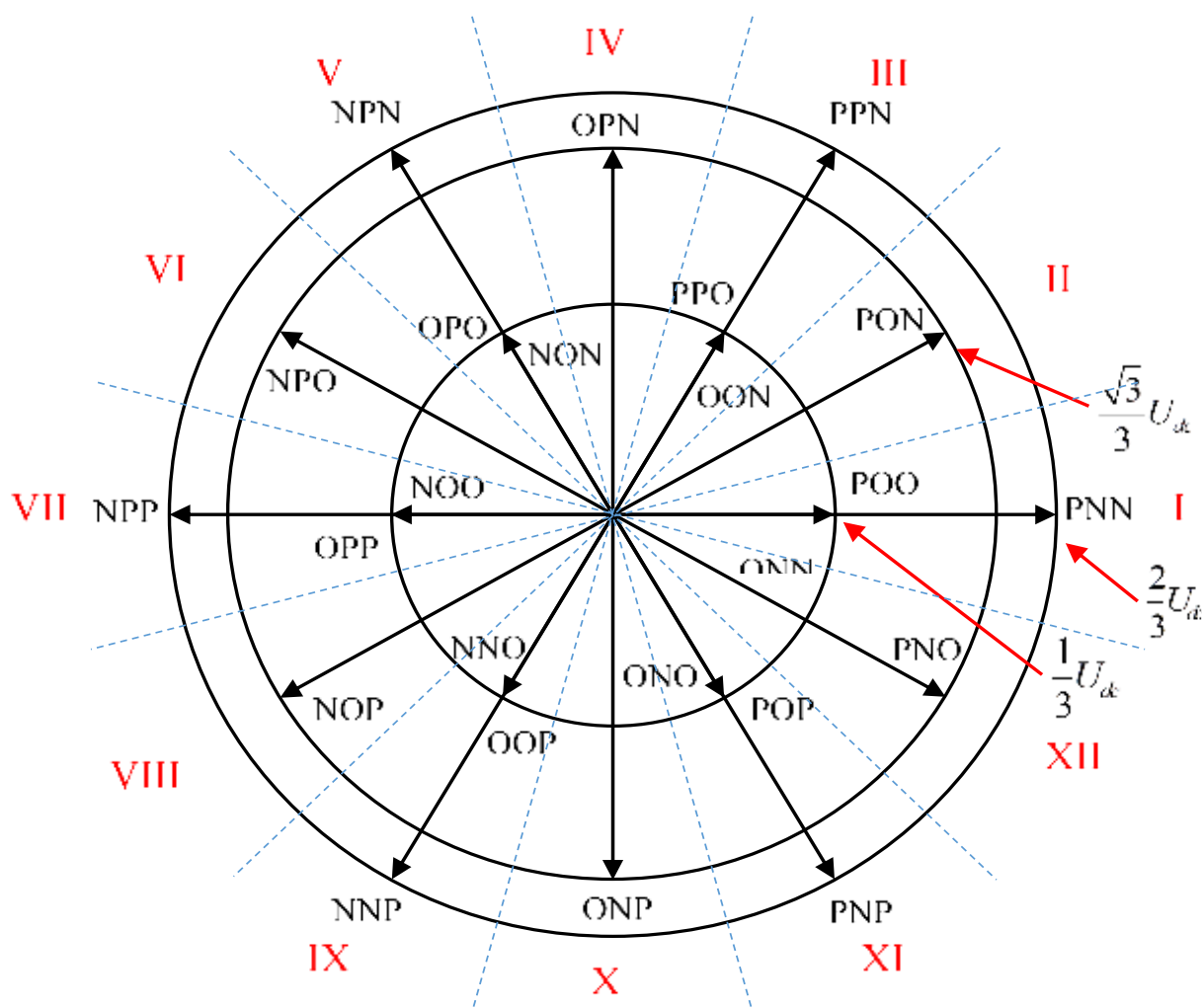
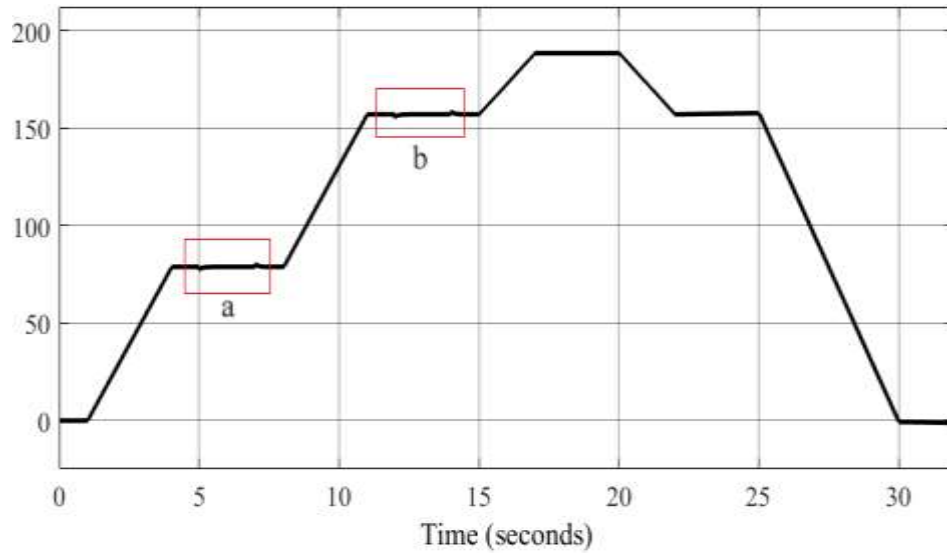
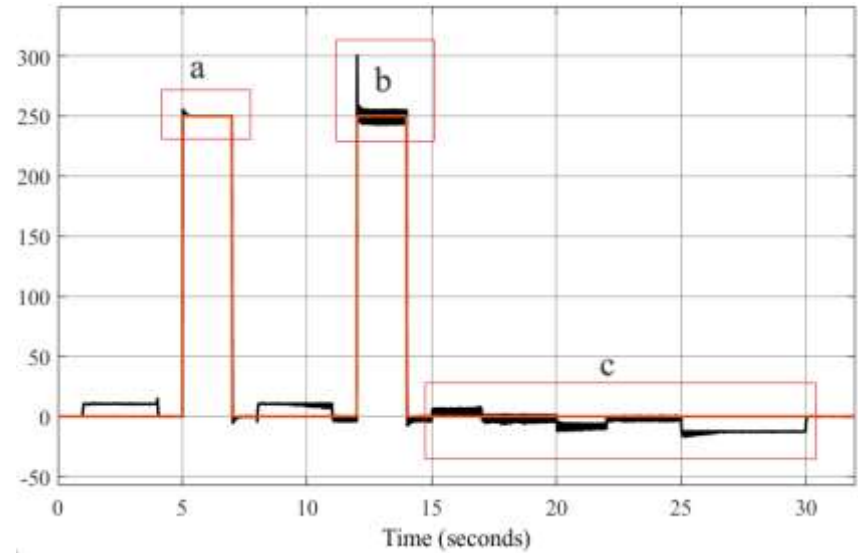


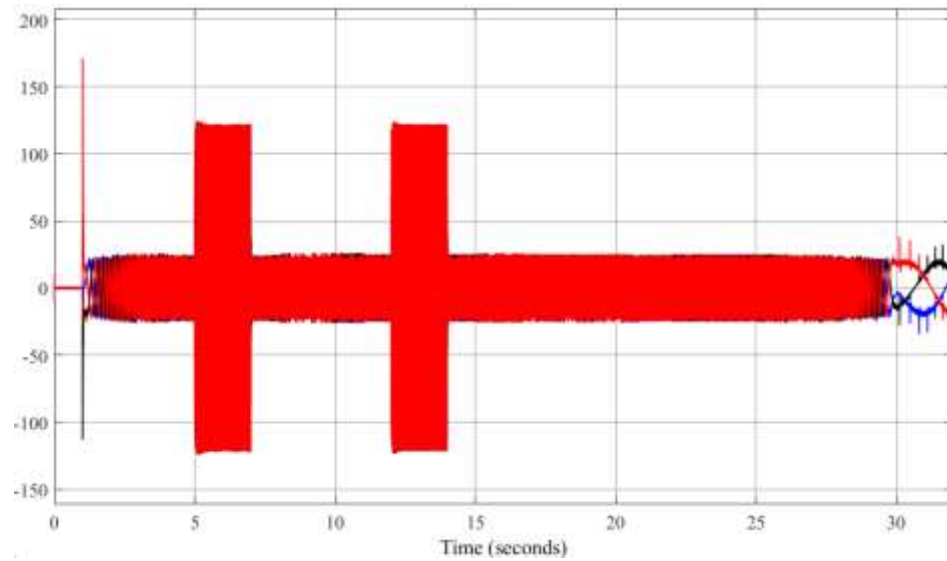
Рисунок 1 – Пространство векторов напряжения трехуровневого инвертора NPC.



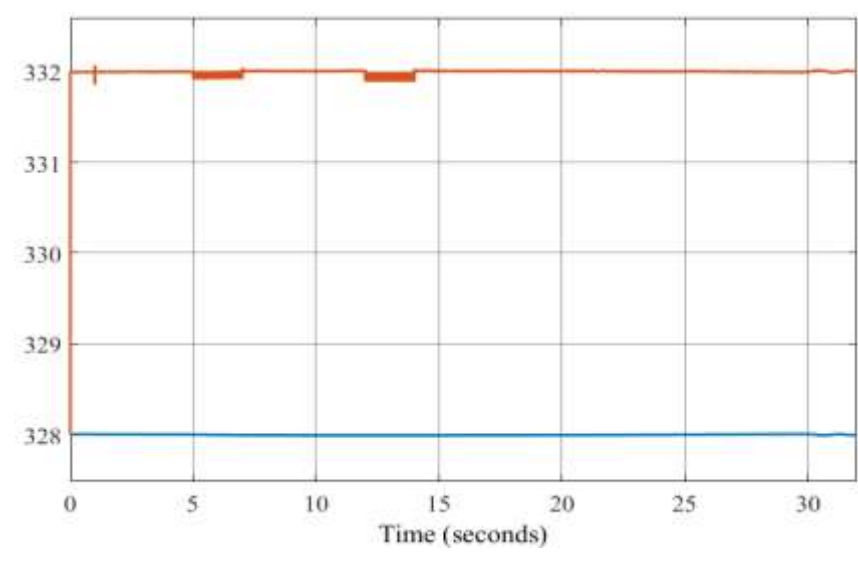
а) Частота вращения (рад/с)



б) Электрический момент (Н.м)



в) Токи статора (А)



г) напряжения между конденсаторами U_{PO} и U_{ON}

Рисунок 2 – Результаты исследования системы прямого управления.

Оценка эффективности предложенной таблицы прямого управления моментом асинхронного двигателя была проверена путем численного моделирования с использованием среды Matlab/Simulink. Выполнение осциллографирования следующих переменных: частоты вращения; электрического момента; токов статора и напряжений между конденсаторами UPO и UON.

Результаты исследования показали, что применение системы прямого управления моментом (DTC) на основе трехуровневого автономного инвертора NPC обеспечивает увеличение диапазона регулирования скоростей двигателя, уменьшение пульсирующего колебания момента и поддержание разность напряжения между конденсаторами, что позволяет повысить надежность автоматизированного асинхронного привода.

Библиографический список:

1. Improving the quality of electricity in the power supply systems of the mineral resource complex with hybrid filter-compensating devices / Yu.A. Sychev, R.Yu. Zimin // Journal of Mining Institute. – 2021. – Vol. 247. –pp.132-140. DOI:10.31897/PMI.2021.1.14.
2. Automatic Detection of Maintenance Scenarios for Equipment and Control Systems in Industry / N. Koteleva, V. Valnev // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – p 12997. <https://doi.org/10.3390/app132412997> .
3. Analysis of autonomous robotic mining machines with autonomous electric propulsion systems / T.H. Nguyen, B.Yu Vasiliev // Mining equipment and electromechanics. –2022. – no. 5 (163). – pp. 59-69. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-59-69.
4. Influence of semiconductor converters on asynchronous drive battery and motor in mining machines / B.U. Vasilev, T.H. Nguyen // MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. – 2023. –vol. (9-1). –pp. 299-318. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_299.
5. IM Fed by Three-Level Inverter under DTC Strategy Combined with Sliding Mode Theory / S. Jnayah, I. Moussa, A. Khedher // Electronics. – 2022. –Vol. 11. –p. 3656. <https://doi.org/10.3390/electronics11223656> .

УДК 621.311.243

Диагностика надёжности солнечных электростанций / Diagnostics of solar power plants reliability

Чукилев А. Е., Вайник К. В.

Научный руководитель – Полетаев С. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Аннотация. актуальность выбранной темы обусловлена большим ростом в мировой энергетике так называемой “Солнечной энергетике” и её надёжностью на данный момент времени.

Abstract. the relevance of the chosen topic is due to the great growth in the world energy sector of the so-called “Solar energy” and its reliability at this point in time.

Ключевые слова: зелёная повестка, эксплуатация, надёжность, солнечная подстанция.

Key words: green agenda, operation, reliability, solar substation.

Солнечная энергия является одним из наиболее экологически чистых источников энергии, так как она не выделяет вредных выбросов в атмосферу и не требует добычи полезных ископаемых. В настоящее время солнечная энергетика является одним из наиболее быстрорастущих и перспективных направлений в области возобновляемых источников энергии.

В средствах массовой информации идет постоянная реклама «зеленой энергетике». Под которыми по большей части понимают использование солнечной и ветровой энергии. Благодаря систематическим убеждениям, с течением времени, сложились следующие представления о солнечной энергетике:

Капитальные вложения необходимы только на начальном этапе;

Затраты на текущее обслуживание настолько малы, что ими можно пренебречь;

Развитие «зеленой энергетики» в дальнейшем позволит потребителям получать энергию практически бесплатно, если так можно выразиться – «из воздуха»;

Излишки неиспользованной энергии потребитель сможет продавать государству для последующего использования в нуждающихся сферах.

В последние годы, благодаря, государственным субсидиям в миллионы долларов ежегодно, в зарубежных странах появилось большое кол-во зеленых электростанций, которые должны реализовать утверждаемые позиции. Мировым лидером данной области является США. Так в штате Техас к 2040 году 80% энергетики будет занимать “зелёная повестка”. Данный штат очень удобно рассматривать, так как он представляет закрытую энергосистему, которая совмещена с другими энергосистемами США через вставку постоянного тока. Опыт эксплуатации подобной энергосистемы показал её сильную восприимчивость к большим нагрузкам и внешним воздействиям через вставку постоянного тока. Опыт эксплуатации подобной энергосистемы показал её излишнюю волатильность по отношению к большим нагрузкам и внешним воздействиям окружающей среды. Один из самых известных случаев чрезвычайных ситуаций, связанных с отказом подобных энергосистем – это, например, внезапные заморозки в феврале 21 года до -8 градусов в штате Техас, в результате которых людям пришлось греться в машинах, замерзшие ветряные мельницы потребляли энергию с внешних источников питания для обогрева внутреннего оборудования, а цены на электроэнергию увеличились в 360 раз (с 25\$ до 9000\$). [7,8]

В данной статье рассматривается надёжность солнечной электростанции Enel Green Power мощностью 245 МВт, расположенной в округе Аптон штата Техас. Данная электрическая подстанция является одной из крупнейших в мире и решает вопросы возобновляемой энергетики. Данная подстанция содержит 5 миллионов солнечных модулей. Модули совмещены в сборки по 80 солнечных панелей соединённых последовательно, дальше все сборки соединяются параллельно. В итоге получается 62500 сборок. К каждой сборке последовательно соединяется преобразователь, инвертор и автомат для коммутации. [6]

Так как средний срок службы солнечных панелей примерно равен 20 годам, то расчёт надёжности для всех элементов подстанции будет проделан так же за этот промежуток времени. Рассмотрим надёжность каждого элемента схемы: [2,5]

- для солнечной панели вероятность безотказной работы будет равна $P_{СП} = 0,85$, исходя из климата и погодных условий;

- для преобразователя $P_{П} = 0,9$;

- для инвертора $P_{И} = 0,9$;

- для коммутационного автомата $P_{А} = 0,92$.

Найдём вероятность безотказной работы одной сборки панелей, соединённых последовательно: [1,3,4]

$$P_{СБ} = \prod_1^{80} P_{СП} = 0,0000022569$$

Вероятность безотказной работы для сборки панелей и последовательно соединённых преобразователя, инвертора и коммутационного автомата:

$$P_{С} = P_{СБ} \cdot P_{П} \cdot P_{И} \cdot P_{А} = 0,0000016818$$

Вероятность безотказной работы для всей системы: [6]

$$P_{СИС} = 1 - (1 - P_{С})^{62500} = 0,099779$$

Как видно из решения вероятность безотказной работы такой системы в течении 20 лет составит 9,97 %. Из этого следует, что такая подстанция в период долгосрочного использования является ненадёжной без дополнительных капитальных вложений, так же для такой подстанции потребуется большое количество персонала, который будет следить за исправностью работы всех солнечных батарей.

Библиографический список:

1. Галушко В. Н., Додолев С. Г. Надёжность электроустановок и энергетических систем: учебно-методическое пособие; Гомель, 2014. – 156с.
2. Шевченко Д. Н. Основы теории надёжности: учебно-методическое пособие; Гомель, 2010. – 250с.
3. Калявин В. П. Надёжность и диагностика элементов электроустановок: учебное пособие для вузов; Элмор, 2009. – 331с.
4. Крапивина Т. С., Янушкевич К. С. Расчёт надёжности главных схем электрических соединений подстанций.
5. Анищенко В. А., Колосова И. В. Основы надёжности систем электроснабжения: пособие для студентов; Минск, 2007. – 151с.
6. Enel Green Power: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.enelgreenpower.com/media/press/2022/07/texas-energy-demand-increases-enel-green-power-installs-more-renewable-storage-capacity>. (Дата обращения 18.03.2024).
7. EnelX: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.enelx.com/n-a/en/businesses/texas>. (Дата обращения 18.03.2024).
8. WorldEnerget: [Электронный ресурс]. URL: <https://worldenerget.com/enel-green/>. (Дата обращения 18.03.2024).

УДК 621.316.726

Способы частотного регулирования синхронного электродвигателя

Винокуров С. И.

Научный руководитель - Старцев А. Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Частотное регулирование синхронных электродвигателей имеет важное значение, поскольку оно позволяет точно контролировать работу двигателя. Изменяя частоту подаваемого напряжения, можно изменять скорость вращения ротора, что особенно важно в промышленности, где требуется высокая точность управления скоростью.

Преимущества работы синхронных двигателей с частотным регулированием:

1) Расширение диапазона регулирования скорости. Синхронные двигатели традиционно работают с фиксированной скоростью, определяемой частотой питающей сети. Частотное регулирование позволяет плавно менять скорость вращения двигателя в широком диапазоне, что обеспечивает:

Повышение производительности и энергоэффективности за счет работы двигателя в оптимальном режиме для конкретного применения;

Улучшение технологических процессов в различных отраслях промышленности, где требуется точное регулирование скорости, например, в станкостроении, текстильной промышленности, металлургии;

Плавный пуск и останов двигателя, что снижает механические нагрузки на привод и увеличивает срок службы оборудования.

2) Экономия электроэнергии. Частотное регулирование позволяет оптимизировать потребление энергии двигателем, что приводит к:

Снижению энергопотребления на 10-30% по сравнению с традиционными методами управления;

Снижению затрат на электроэнергию, что особенно актуально для предприятий с высоким энергопотреблением;

3) Повышение точности и качества работы. Частотное регулирование обеспечивает:

Высокую точность поддержания скорости вращения двигателя, что необходимо для прецизионных станков, робототехники, конвейерных систем;

Снижение пульсаций момента на валу двигателя, что улучшает качество продукции и снижает уровень шума;

Повышение динамических характеристик привода, что позволяет ему быстро реагировать на изменения нагрузки.

4) Увеличение срока службы двигателя. Частотное регулирование:

Снижает механические нагрузки на двигатель за счет плавного пуска и останова, а также возможности работы в оптимальном режиме;

Уменьшает нагрев двигателя, что увеличивает срок службы изоляции и обмоток;

Продлевает срок службы подшипников и других элементов привода.

5) Универсальность и простота управления. Частотные преобразователи позволяют обеспечить:

Универсальность применения, так как могут использоваться с синхронными двигателями различных типов.

Простоту управления, так как все параметры работы двигателя можно задать с помощью панели управления преобразователя.

Возможность подключения дополнительных функций, таких как защита от перегрузок, контроль температуры, рекуперация энергии.

В целом, частотное регулирование синхронных двигателей является эффективным способом чтобы повысить производительность, энергоэффективность и точность работы электропривода, увеличить срок службы двигателя и снизить расходы на его обслуживание.

Зависимость электромагнитного момента синхронного двигателя прямо пропорциональна его напряжению, поэтому изменение частоты влияет на изменение момента:

$$\frac{U}{f} = \frac{U_{ном}}{f_{ном}} = const ; \quad (1)$$

Характерной чертой регулирования частоты синхронного двигателя, является одновременное изменение тока возбуждения вместе с изменением частоты:

$$\frac{f}{f_{ном}} = \frac{I_e}{I_{ном}} ; \quad (2)$$

Частотное регулирование основывается на основном законе электромагнитного момента:

$$M = \frac{3UE}{\omega_0 x_d} \sin \theta + \frac{3U^2}{2\omega_0} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta ; \quad (3)$$

где U - напряжение питания на выводах синхронной машины;

E - ЭДС в обмотке статора, наведенная магнитным полем возбуждения;

x_d и x_q - индуктивные сопротивления по продольной и поперечной осям;

θ - угол нагрузки машины.

Для анализа режимов управления выражение (3) удобно представить, исключая насыщение:

$$M = A \frac{UI_e}{f} \sin \theta + B \left(\frac{U}{f} \right)^2 \sin 2\theta ; \quad (4)$$

где I_e - ток возбуждения синхронного двигателя;

A и B - постоянные коэффициенты.

Управляя синхронным двигателем при постоянной частоте ($f = const$), изменяются напряжение $U = var$ и ток возбуждения $I_e = var$. Этот метод управления характерен для нерегулируемого синхронного электропривода:

$$M = c_1 UI_e \sin \theta + c_2 U^2 \sin 2\theta ; \quad (5)$$

где $c_1 = \frac{A}{f}$ - постоянный коэффициент;

$c_2 = \frac{B}{f^2}$ - постоянный коэффициент.

Электромеханические показатели двигателя в условиях данного режима управления рассматриваются отдельно для тока возбуждения ($I_e = \text{var}$; $U = \text{const}$) и отдельно для напряжения питающей сети ($I_e = \text{const}$; $U = \text{var}$).

Повышая уровень тока возбуждения в синхронном двигателе, возрастает электромагнитный момент. При снижении напряжения электромагнитный момент снижается. Контроль за током возбуждения нужен для сохранения предела устойчивости по моменту (для поддержания неизменным значения максимального момента) во время уменьшения напряжения.

Во время частотного регулирования синхронного двигателя, в отличие от асинхронного двигателя, возникает риск потери устойчивости электропривода. Это происходит потому, что частота электрического тока меняется. Ротор двигателя из-за своей инерции не может мгновенно изменить свою скорость вращения. Угловая частота вращения ротора не равна угловой частоте вращения магнитного поля, и угол двигателя θ будет изменяться даже при постоянной нагрузке. Когда частота изменяется слишком резко θ может выйти за допустимые пределы и синхронная машина может выпасть из синхронизма. В чистом виде частотное регулирование синхронных двигателей (частотное регулирование без самосинхронизации) применяется редко. Если оно и используется, то только при малых мощностях электродвигателя, когда нагрузочный момент мал. При больших мощностях такие условия выполняются в узком спектре центробежных механизмов [1].

Для синхронных двигателей, применяемых в электроприводах с большим моментом инерции приводного механизма, изменение частоты питающего напряжения должно происходить максимально плавно и без резких скачков. Это нужно для того, чтобы двигатель не выпал из синхронизма. Запуск двигателя представляет собой процесс, который требует тщательного управления и внимания из-за его сложности. При пуске начальная частота должна составлять доли герца, а затем постепенно повышаться до максимального значения. Для таких электроприводов наиболее подходящими является способ частотного регулирования с самосинхронизацией, при котором двигатель не выпадает из синхронизма.

Частотное регулирование без самосинхронизации:

1) Метод управления частотой синхронного электропривода при $\frac{U}{f} = \text{const}$; $I_e = \text{const}$.

(пропорциональный закон регулирования при постоянном токе возбуждения). Аналитическое выражение для характеристики момента при пропорциональном законе частотного регулирования представляется следующим образом:

$$M = c_1 I_e \sin \theta + c_2 \sin 2\theta ; \quad (6)$$

где $c_1 = A \frac{U}{f}$ - постоянный коэффициент;

$c_2 = B \left(\frac{U}{f} \right)^2$ - постоянный коэффициент.

Чтобы поддерживать необходимый уровень статической устойчивости синхронного двигателя по углу нагрузки, угол θ в процессе регулирования частоты не должен изменяться. Однако при изменении нагрузочного момента при частотах питающего напряжения, отличных от номинальной частоты, угол нагрузки будет изменяться. Поэтому выдерживать условия $\frac{U}{f} = \text{const}$ и $I_e = \text{const}$ можно только при постоянных показаниях нагрузочного момента

$M_n = M$. При изменении нагрузки частотно-регулируемого синхронного двигателя кроме изменения напряжения необходимо изменять ток возбуждения.

2) Метод управления частотой синхронного электропривода при $\frac{U}{f} = const$; $I_g = var$ (пропорциональный закон регулирования при переменном токе возбуждения). Преобразование тока возбуждения синхронного двигателя в данном случае, по сравнению с асинхронным, предоставляет расширенные возможности управления электромагнитным моментом и управления режимом по генерации реактивной мощности. Часто используют режим работы с $\cos\varphi = 1$. Ток статора при этом минимальный и в обмотке статора имеются минимальные потери мощности и энергии. Регулирование тока возбуждения может быть применено для стабилизации коэффициента мощности.

3) Метод управления частотой синхронного электропривода при $U = const$; $I_g = const$; $f = var$. Для такого режима формула электромагнитного момента принимает вид:

$$M = \frac{c_1}{f} \sin \theta + \frac{c_2}{f^2} \sin 2\theta ; \quad (7)$$

где $c_1 = A \cdot U \cdot I_g$ - постоянный коэффициент;

$c_2 = B \cdot U^2$ - постоянный коэффициент.

Когда угловая скорость мала синхронная машина обладает высоким показателем момента. Увеличение момента при снижении угловой скорости двигателя, но при неизменном напряжении связано с большим увеличением тока статора. Это способствует снижению синхронной ЭДС и реактивных сопротивлений двигателя.

При $\frac{U}{f} = \frac{U_{ном}}{f_{ном}} = const$ получим взаимосвязь между током возбуждения синхронного двигателя и момента на валу:

$$\frac{I_g}{I_{г.ном}} = \frac{M}{M_{ном}} ; \quad (8)$$

Из этого следует, что при постоянном отношении $\frac{U}{f}$ возбуждение синхронного двигателя должно изменяться прямо пропорционально изменению момента на валу.

Частотное регулирование с самосинхронизацией.

Система датчиков положения ротора регулирует работу частотного преобразователя, обеспечивая подачу напряжения на фазы двигателя в соответствии с углами нагрузки, что является основой принципа самосинхронизации частотного управления. $\theta < 90^\circ$. Данный метод управления обеспечивает автоматическое формирование условий для стабильной работы двигателя, при этом его способность к перегрузке ограничивается лишь перегрузочной способностью самого частотного преобразователя.

Вентильный двигатель - это синхронный двигатель, управление которым осуществляется через изменение частоты в процессе регулирования с самосинхронизацией. Для питания такого двигателя от постоянного тока через частотный преобразователь необходимо использование тиристоров, хотя в двигателях меньшей мощности можно использовать и транзисторы [2].

Библиографический список:

1. Особенности частотного регулирования СД [Электронный ресурс]. - https://life-prog.ru/1_28087_osobennosti-chastotnogo-regulirovaniya-sd.html (дата обращения: 25.03.2024)
2. Регулирование частоты вращения синхронных двигателей [Электронный ресурс]. - <https://studfile.net/preview/7644571/page:16/> (дата обращения: 26.03.2024).

Методы прогнозирования выработки солнечной электроэнергии с помощью нейронных сетей

Карабанов Б. Д., Каргин К. А.

Научный руководитель – Тетеревлева Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

С каждым годом энергопотребление любой страны заметно возрастает, поэтому в условиях ограниченности ресурсов человек всё больше совершенствует технологии альтернативной добычи электроэнергии. Одним из важнейших альтернативных источников является солнечная энергия, но в отличие от традиционных источников она зависит от множества различных факторов. Для прогнозирования выработки электроэнергии за счет энергии солнца созданы методы учитывающие те или иные факторы при расчете, но сколько бы много не старался учесть человек при прогнозе, он не способен совмещать огромное количество факторов сразу и рассчитывать также быстро, как и стремительно развивающиеся в настоящее время нейронные сети, не только способные обучиться учитывать сразу огромное количество информации, но и проводящие расчеты с невероятной по сравнению с человеком быстротой. Исходя из этого можно с уверенностью сказать, что в настоящее время применение искусственных нейросетевых структур является определяющим вектором развития для использования методов расчета и прогнозирования выработки электроэнергии с помощью солнечной энергии.

Целью представленной статьи является создание гипотезы о высокой точности прогнозирования различными методами с использованием нейросетей. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи исследования:

- провести обзор отечественной литературы и научных статей по теме с целью выявления основных методов прогнозирования солнечной энергии;
- выделить основные направления разработки, определяющие развитие исследуемой темы;
- выделить достоинства и недостатки рассматриваемых исследований;
- на основе анализа материалов обозначить направление развития исследуемой проблемы и указать возможные пути решения.

Прогнозирование солнечной энергии – это процесс сбора и анализа данных с целью прогнозирования выработки солнечной энергии на различных временных горизонтах с целью смягчения воздействия непостоянства солнечной активности. Прогнозы солнечной энергии используются для эффективного управления электрической сетью и для торговли электроэнергией.

Поскольку основные барьеры на пути внедрения солнечной энергии, такие как стоимость материалов и низкая эффективность преобразования, продолжают снижаться, на первый план выходят проблемы перебоев в работе и надежности. Проблема перебоев в работе была успешно решена и смягчена с помощью прогнозирования солнечной активности во многих случаях.

Информация, используемая для прогноза солнечной энергии, обычно включает траекторию движения Солнца, атмосферные условия, рассеяние света и характеристики солнечной энергетической установки.

Как правило, методы прогнозирования солнечной активности зависят от горизонта прогнозирования:

Прогнозирование текущего момента (прогнозирование на 3-4 часа вперед);

Краткосрочное прогнозирование (на семь дней вперед);

Долгосрочное прогнозирование (недели, месяцы, годы).

Стоит сразу сказать, что высокой точности прогнозирования ждать не стоит. Этому есть ряд причин:

Уровень генерации СЭС определяется погодными факторами, такими как облачность, осадки, температура воздуха, сила ветра, время восхода и захода солнца. А еще, календарной датой, ведь в разное время года угол солнца над горизонтом разный. Специалисты, занимающиеся прогнозированием погоды, например, на сутки вперед, делают прогноз с

некоторым усреднением по времени. То есть прогнозируют усредненную температуру, на утро, день и вечер. И даже если прогноз точен, то есть точны усредненные значения, то от часу к часу температура может значительно меняться, что скажется на точности нашего прогнозирования. То же самое — и с остальными погодными факторами;

Прогноз основан на прогнозных метеофакторах, которые сами по себе не являются точными на 100%. То есть на ошибку прогноза будет накладываться ошибка прогноза погоды;

Кроме того, располагаемые данные о погоде описываются в одной области, и предполагается, что погода по всей исследуемой территории примерно одинаковая, что тоже является допущением со своей погрешностью;

Время от времени имеют место ремонты оборудования самих станций и сетевого оборудования, с помощью которого электроэнергия выдается в сеть. Такие ремонты снижают потенциальную выработку отдельных станций. Ремонты эти плановые, их сроки заранее известны. Для обучения взяты данные за длительный период, в течение которого сам состав электростанций менялся — вводились новые объекты генерации;

Для того чтобы учитывать все факторы и для более точных расчетов люди разработали различные методы прогнозирования, которые облегчают задачу прогнозирования для любого его горизонта.

Все существующие на данный момент методы прогнозирования разделены на 4 основные группы, показанные на рисунке 1[1]:



Рисунок 1 – Классификация методов прогнозирования генерации электроэнергии солнечной электростанции.

Физические модели описывают физические отношения между погодными условиями и солнечной радиацией, полученными с использованием численного прогноза погоды, и выработки электрической энергии. В качестве входных переменных для физических моделей прогнозирования служат: численный прогноз погоды, местные метеорологические измерения, данные рельефа и тип земной поверхности, а также ретроспективные данные выходной мощности солнечной электростанции.

Статистические модели описывают взаимосвязь между плотностью потока солнечного излучения, полученным с использованием численного прогноза погоды, и генерацией электрической энергии на солнечной электростанции путем статистического анализа временных рядов ретроспективных данных без учёта физических факторов. В качестве входных данных для статистических моделей прогнозирования используются данные численного прогноза погоды, в частности информация о солнечном излучении и ретроспективные данные генерации электрической энергии солнечной электростанцией. Статистические модели наиболее широко применяются для средне- и долгосрочного процессов прогнозирования. К статистическим моделям относятся методы, основанные на временных рядах, регрессионные и так далее.

Адаптивные модели используют системы искусственного интеллекта с целью определения связи между прогнозируемыми погодными условиями и выходной мощностью

электростанции. Они имеют процесс «обучения», основанный на ретроспективном анализе данных. Данные модели в отличие от статистических могут неявно описывать сложные нелинейные взаимосвязи между погодными условиями и вырабатываемой солнечной электростанцией. Основным фактором, влияющим на точность прогноза, служит выборка и структура исходных данных, использованных для построения модели. К адаптивным моделям относятся методы опорных векторов, а также использующие нейронные сети и другие.

Гибридные модели в большинстве случаев представляют комбинацию физических и статистических моделей. Они объединяют в себе различные сочетания методов из других групп. Так, например, часто встречаются сочетания методов физических, статистических и адаптивных моделей.

Применение физических моделей не всегда оправдано из-за сложности точного учета определенных факторов, что требует введения статистического подхода для их определения. Статистические подходы имеют более высокую точность при расчете усредненных значений солнечного излучения за длительный период времени (день, месяц, год), в то время как за более короткий промежуток времени (минуты, часы), когда физические процессы, например облачность, не могут быть усреднены для данного интервала, имеют гораздо меньшую точность. Для оптимальной точности гибридных моделей производится адаптация статистической модели к постоянно меняющимся условиям, которые описываются физическими моделями.

Еще одним примером гибридных моделей могут служить методы, сочетающие различные методы из статистических и адаптивных моделей. Такие гибридные методы имеют перспективы, поскольку позволяют учесть специфику физического процесса и использовать возможности адаптивных методов. Методы данной группы являются развивающимися, и экспертами находятся различные сочетания методов, обеспечивающих необходимую точность.

Если сравнивать все 4 группы, то наибольшей перспективой обладают гибридные модели, которые объединяют остальные методы, тем самым нивелируя их недостатки и обеспечивая достаточное снижение ошибки прогнозирования для практического использования. Также с освоением нейронных сетей, а как итогом с улучшением процесса обучения различных методов, гибридные модели становятся быстрее и легче в использовании, а их результат становится более приближен к реальности.

Исходя из итогов анализа можно выдвинуть гипотезу о высокой надежности и точности прогнозирования различными методами с использованием нейросетей, а также упрощение процесса вычисления прогноза. Для подтверждения сформулированной гипотезы необходимо произвести прогнозирование различными методами и сравнить полученные данные с реальными показателями за период, по которому выполняется прогнозирование и все это также сравнить с отобранным методом, в работе которого важную роль играют нейронные сети [1,4,5].

Методы, основанные на нейронной сети, являются наилучшими с точки зрения точности прогнозирования по сравнению с остальными методами. Также нейронные сети облегчают расчеты и имеют возможность автоматизировать систему прогнозирования. Существуют множество методов, которые можно улучшить нейронными сетями и методов, для которых они являются основным компонентом [3].

В процессе изучения проблемы был произведен обзор отечественной литературы по исследуемому вопросу. В результате анализа публикаций изучены методы прогнозирования генерации электроэнергии солнечными электростанциями, а также участие нейронных сетей в повышении точности прогнозирования и упрощение процесса расчёта. Конечным результатом был отобран метод с самой низкой ошибкой прогноза как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе.

Таким образом, разработка нейронных сетей является важнейшей задачей для совершенствования прогнозирования солнечной электроэнергии. Выдвинутая гипотеза о применении нейросетей в прогнозировании имеет право на существование. Для подтверждения сформулированной гипотезы были рассмотрены прогнозирование примеров использования нейронных сетей в Астрахани и на островах Японии [4,5].

Библиографический список:

1. Методы краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии солнечными электростанциями и их классификация / Д. А. Тюньков, А. А. Сапилова, А.С. Грицай [и др.] // Электрические системы и комплексы: электронный журнал. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44042075>. – Дата публикации: 04.06.2020. – ISSN 2311-8318
2. Степанов, С. М. Нейросетевое прогнозирование генерации электроэнергии солнечными панелями / С. М. Степанов, Н. А. Искра // Доклады Белорусского Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники: электронный журнал. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35061425>. – Дата публикации: 20.12.2017. – ISSN 1729-7648
3. Манусов, В. З. Краткосрочное прогнозирование электрической нагрузки на основе нечеткой нейронной сети и её сравнение с другими методами / В. З. Манусов, Е. В. Бирюков // Известия Томского Политехнического Университета : электронный журнал. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9459023>. – Дата публикации: 2006. – ISSN 1684-8519
4. Нейросетевая модель для краткосрочного прогнозирования выработки электрической энергии солнечными электростанциями / Д. А. Тюньков, А. А. Сапилова, А.С. Грицай [и др.] // Научный Вестник Новосибирского Государственного технического университета. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44772337>. – Дата публикации: 17.07.2020. – ISSN 1814-1196
5. Глебов, В. В. Краткосрочное прогнозирование выработки электроэнергии сетевой солнечной электростанции методом рекуррентных нейронных сетей / В. В. Глебов, С. Н. Братышев, А. В. Верига // Цифровые технологии и защита информации в современном обществе . – Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева", 2021. – С. 4-9.

УДК 621.3

Расчет оптимального диаметра установки постоянных магнитов в роторах высокооборотных синхронных машин

Щетинин Е. В.¹

Научный руководитель – Кирякин А. А.²

1 - Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

2 - Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, Россия

Одни из важных показателей надежности для роторов высокоскоростных синхронных машин (ВСМПМ) с постоянными магнитами считаются прочность материала бандажей и полюсных перемычек при внутреннем расположении постоянных магнитов (ПМ), их толщина в сечении, а также учет прочности магнитов при максимальном радиусе установки, влияние центробежных сил на их конструктивное расположение. Существует предел развиваемой скорости ВСМПМ, связанный с прочностью удерживающих магниты материалов и прочностью самих магнитов [1].

Поскольку в высокооборотных машинах основные механические нагрузки приходятся на ПМ и бандаж, есть необходимость учитывать конструкцию и габаритные размеры роторов с учетом механической прочности.

Так как ПМ являются важнейшим элементом в конструкции ротора высокоскоростных генераторов, и могут подвергаться значительным механическим нагрузкам и аварийным режимам, пренебрегать конструктивными размерами ПМ нельзя. Исследования механической прочности ПМ на разрыв и сжатие магнитов [2], показывают, что предел прочности магнитов порядка 600-1200 МПа, соответственно. В работах [3], были проведены исследования различных механических нагрузок на ПМ, на исследование потерь магнитных свойств. При сжатии ПМ до предельных прочностей магнитные свойства ПМ не изменялись, однако магниты из SmCo подвергались растрескиванию и раскалыванию без перехода материала их упругого состояния. Согласно исследованиям, магниты NdFeB и SmCo подвергались ударным нагрузкам, при этом магнитные свойства образцов не изменялось, но некоторые образцы раскалывались, а

также выявлены микротрещины. Максимальную прочность при ударных нагрузках показали неодимовые магниты с ударом в 1740 Дж/см², самарий-кобальтовые магниты с учетом технологии изготовления в 917 Дж/см². При расколе ПМ и их растрескивании возможны смещения ПМ в объеме ротора, а также дальнейшим механическим износам при вибрации и увеличении в локальных областях магнита потерь.

Процесс расчета максимального диаметра ПМ, зачастую, либо не учитывается, либо используются упрощенные формулы, имеющие различные расчетные коэффициенты, которые зависят от геометрии или определенных свойств ПМ, а также трудны в описании и использовании. Например, в работах [4], исходя из условий механической прочности материала ПМ, определяют максимально возможный диаметр установки постоянных магнитов, где коэффициент запаса рекомендуют выбирать больше 1, что очевидно вызывает большой разброс в диаметре:

$$D_{\max} = \frac{n_n}{c_1} \sqrt{\frac{\sigma_r \cdot g}{\rho_r \cdot k_a}}, \quad (1.1)$$

где ω_n – скорость вращения постоянного магнита, рад/с; ρ_r – плотность ПМ, кг/м³; σ_r – предел прочности ПМ, МПа; k_a – коэффициент запаса прочности по пределу текучести, c_1 – коэффициент равный 60/π.

Для учета механических нагрузок, при условии конструктивных особенностей и характеристик материалов магнитов, целесообразно произвести расчет максимального диаметра ПМ для одномерной задачи. Из основных открытых данных и источников описания ПМ, основные параметры отображающие механическую прочность является модуль упругости Юнга, предел прочности на растяжение и сжатие – σ_p и σ_c , коэффициент Пуассона – ε (таб. 1.1).

Таблица 1 – Показатели прочности постоянным магнитов.

Характеристики магнитов	NdFeB	SmCo	AlNiCo
Состав	Nd, Fe, В и т.д.	Sm, Co, Fe и тд	Al, Ni, Co, Fe
Температурный коэффициент теплового расширения вдоль намагничивания, 1/°С	5,2×10 ⁻⁶	5,2×10 ⁻⁶	-
Температурный коэффициент теплового расширения поперек намагничивания, 1/°С	-0,8×10 ⁻⁶	11×10 ⁻⁶	-
Плотность, кг/м ³	7300-7500	8200-8400	7000-7300
Прочность на изгиб, Н/мм ²	250	150	80
Прочность на сжатие, Н/мм ²	1100	800	270

Из анализа основных представленных свойств в открытом доступе, логично использовать экспериментальный закон Гука и определение напряжения деформации материала:

$$\sigma_\partial = E \cdot \varepsilon, \quad (1.2)$$

где E – модуль Юнга, Н/м²; ε – коэффициент Пуассона.

Также интерпретация закона Гука возможна через известную формулу силы, действующее на магнит:

$$F_r = \frac{E \cdot S}{l} \Delta l = k \Delta l, \quad (1.3)$$

где k – коэффициент упругости, S – площадь поперечного сечения действующей, m^2 ; l – ширина или высота магнита, в зависимости от конфигурации ротора, м; Δl – изменение ширины или высоты магнита при деформации, м.

Центробежная сила, действующая на магнит:

$$F_u = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (1.4)$$

где v – линейная скорость по окружности, м/с; m – масса магнита, кг; R – максимальный радиус установки магнитов, м.

Если учитывать, что деформации при растяжении и сжатии не происходит, и магнит подвержен разлому, то условие упругого состояния постоянных магнитов можно представить неравенством действующей центробежной силы на магнит и предельной силы, превышение которой, вызывает деформацию:

$$F_u \leq F_T \quad (1.5)$$

Подставим (1.3) и (1.4) в выражение (1.5), выразив скорость v через угловую частоту вращения ротора ω :

$$v = \omega \cdot R; \quad (1.6)$$

$$\frac{m \cdot \omega^2 R^2}{R} \leq k \cdot \Delta l \quad (1.7)$$

Разделив обе части неравенства (1.7), на площадь поперечного сечения S магнита:

$$\frac{m \cdot \omega^2 R^2}{S \cdot R} \leq \frac{k \cdot \Delta l}{S} \quad (1.8)$$

Где, правая часть эквивалентна максимальному напряжению деформации тела, а радиус в знаменателе левой части, можно представить, как отношение длины непосредственно магнита к коэффициенту k_1 , учитывающему конструктивные размеры ротора при максимальном радиусе установки магнита (рис. 1):

$$\frac{m \cdot \omega^2 R_{\max}^2}{S \cdot l / k_1} \approx E \cdot \varepsilon = \sigma_d \quad (1.9)$$

$$k_1 = \frac{R - l_c - l_e}{R} = \frac{l}{R}, \quad (1.10)$$

где R_{\max} – максимальный радиус ПМ, м; l_c – длина участка стали, м; l_e – длина участка вала, м; l – длина/высота магнита, м.

Выполнив преобразования (1.9) с учетом коэффициента (1.10), заменив отношение массы и объема магнита на плотность материала магнита и выразив радиус через диаметр $R_{\max} = D_{\max} / 2$, можно два уравнения максимального диаметра:

1. При задании максимальной высоты магнита:

$$D_{\max} = \frac{2 \cdot E \cdot \varepsilon}{\rho \cdot \omega^2 \cdot l}, \quad (1.11)$$

где ρ – плотность ПМ, кг/м³.

2. Квадратное уравнение, при задании максимальной высоты ярма стали ротора и радиус вала:

$$A_1 D_{\max}^2 - A_2 D_{\max} - A_3 = 0, \quad (1.12)$$

где A_1, A_2, A_3 – расчетные коэффициенты уравнения.

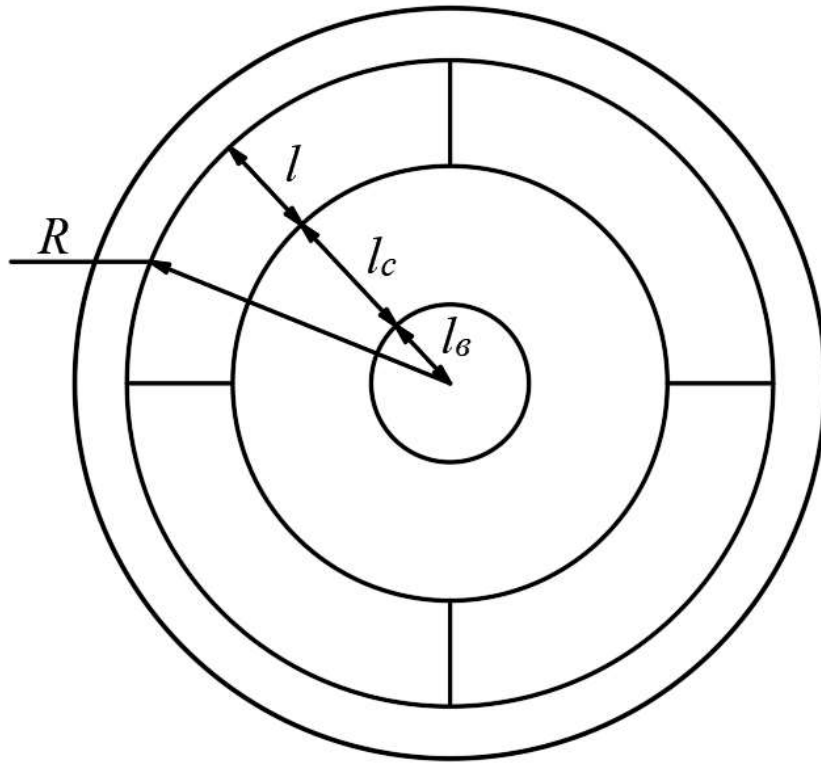


Рисунок 1 – Конструкция высокооборотного ротора.

Коэффициенты:

$$A_1 = \frac{\rho \cdot \omega^2}{4};$$

$$A_2 = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot (l_c + l_g)}{2};$$

$$A_3 = E \cdot \varepsilon \approx \sigma$$

Решение квадратного уравнения:

$$D_{\max} = \frac{A_2 + \sqrt{A_2^2 - 4 \cdot A_1 \cdot A_3}}{2 \cdot A_1} \quad (1.13)$$

Из условий одинаковой длины призматического магнита, скорости вращения и максимальный диаметр соотносится через коэффициент:

$$c \cdot \omega \square \frac{1}{c^2} \cdot D_{\max} \quad (1.14)$$

При соотношении размеров магнита, вала и зазора между валом минимальным диаметром магнита, зависимость максимального диаметра при скорости вращения относительно механической прочности магнитов представлена на рисунке 2.

В рамках исследования проведен пересчет максимального диаметра ПМ в зависимости от скорости вращения. Уменьшение диаметра установки ПМ при повышении частоты вращения вала изменяется экспоненциально. Определены особенности проектирования роторов при условии механической прочности основных элементов: бандаж и ПМ.

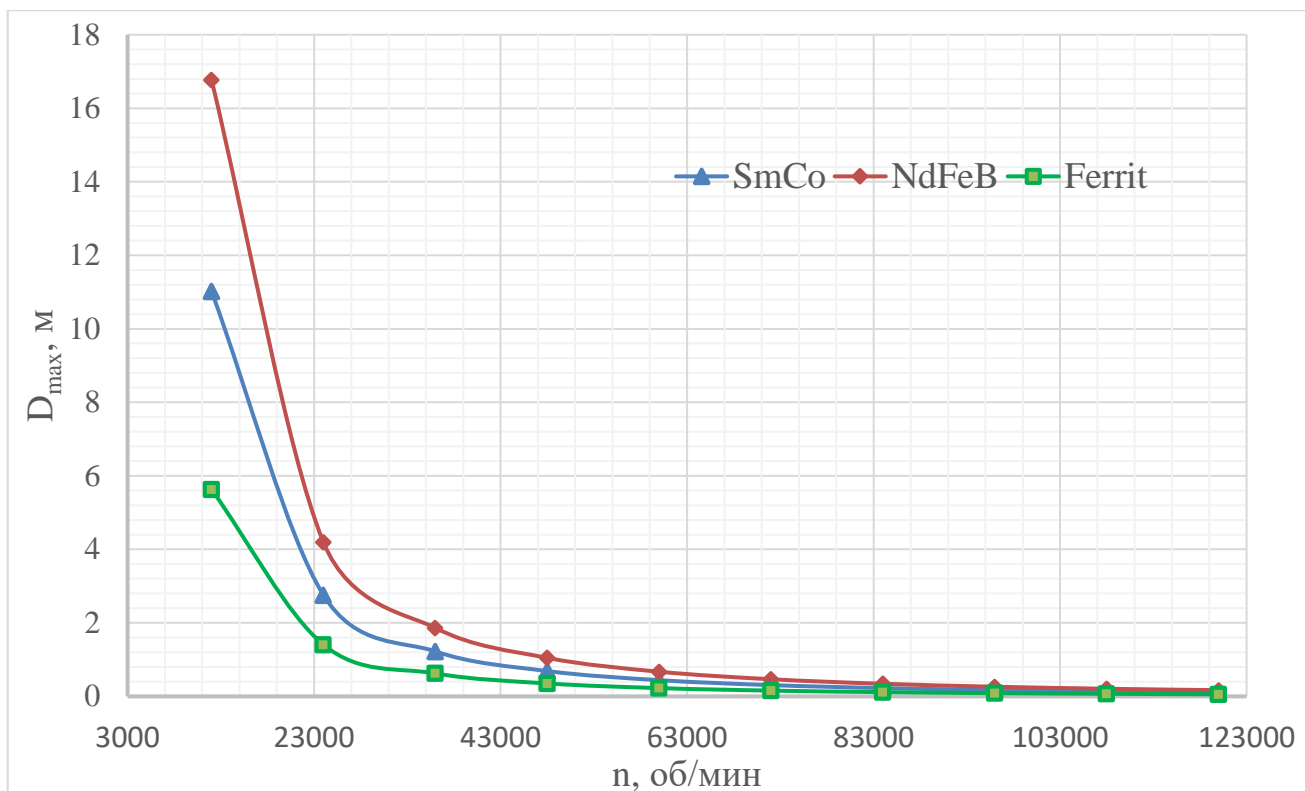


Рисунок 2 – Отношения максимального диаметра к частоте вращения.

Библиографический список:

1. Исмагилов Ф. Р., Хайруллин И. Х., Вавилов В. Е. Высокооборотные электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами : учебное пособие. – М. : «Издательство «Инновационное машиностроение», 2017. – 248 с.
2. Ледовский А. Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами / А. Н. Ледовский. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 169 с.
3. Устойчивость редкоземельных магнитов к ударной нагрузке / Г. П. Станолевич, Н. В. Федосеев, С. А. Тимаков, С. Л. Борисов // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2014. – Т. 139, № 2. – С. 35-43.
4. Вавилов, В. Е. Методология проектирования высокооборотных генераторов для микротурбинных установок / В. Е. Вавилов // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2015. – Т. 146, № 3. – С. 16-23.

УДК 621.313

Исследование применения МГД преобразователей в металлургии

Туголукова И. А., Базанова Е. Ю.

Научный руководитель – Щетинин Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день в сталелитейной промышленности находят свое применение магнитогидродинамические (МГД) преобразователи в качестве перемешивающего электромагнитного устройства различных видов металлов и примесей. Качество смешивания расплавов влияет на физико-химические и механические характеристики изделия. В основе МГД преобразователей в металлургии применяют: плоские линейные, индукционные, цилиндрические линейные, винтовые индукционные МГД двигатели. Для различных способов перемешивания применимы различные виды таких машин. В основе литья труб, нашли свое применение МГД преобразователи на основе индукционных вращателей. Основным принципом работы является создание вращающегося магнитного поля, как в классической асинхронной машине, только в

качестве вращающегося объекта применяется расплав, который под воздействием электромагнитных сил приводится в движение в полой немагнитной огнеупорной трубе. Качество изготавливаемой трубы определяется распределением расплава и примесей в объеме, отвечающее за его основные физические свойства. Для такого вида смешивания возможно применение дополнительного способа воздействия электромагнитного поля на расплав, улучшающего его перемешивание рабочей среды и выходные характеристики стальных труб.

Цель работы заключалась в описании применения МГД эффектов в металлургии.

В ходе работы применялись следующие методы исследования: классификация, обобщение, синтез, анализ литературы.

В металлургии широко распространено воздействие электромагнитного поля на расплавы. Это явление нашло широкое применение для перемешивания расплавов.

Различают горизонтальное и вертикальное литьё. Материал рабочей полости выполняют либо из меди, алюминия, стали, либо что предпочтительней из графитовых вставок.

МГД - это электроэнергетическое устройство, которое основано на магнитной гидродинамики, в нем происходит преобразование кинетической энергии электропроводящего материала в электрическую энергию.

Так же как и в обычных машинных генераторах, принцип работы электрической машины основан на возникновении тока в проводнике, пересекающем силовые линии магнитного поля. Отличие МГД-машины от генератора заключается в том, что проводником является рабочее тело, в котором при движении магнитного поля возникают противоположно направленные потоки зарядов.

Из принципа действия МГДГ следуют как необходимые условия обеспечения его работы, так и структурная схема, основными элементами (узлами) которой являются: источники энергии и массы (в открытом цикле) рабочего тела, разгонное устройство (сопло), МГД канал, магнит, диффузор (выхлопное устройство)

Выделяют следующие преимущества:

1. Способность работы машины при высоких температурах;
2. Простая конструкция;
3. Выработка большой мощности;
4. Отсутствие движущихся деталей в машине.

Любому МГД-преобразователю присущи следующие недостатки:

1. Большие потери КПД из-за работы при высоких температурах;
2. Сложный поиск материалов высокой прочности;
3. Наличие немагнитного зазора между индуктором и рабочим телом.

МГД-машина подчиняется следующим основам магнитогидродинамики:

1. Уравнения Максвелла — это система уравнений в дифференциальной или интегральной форме, описывающая любые электромагнитные поля, связь между токами и электрическими зарядами в любых средах.

Суть каждого уравнения: Первое уравнение: электрический заряд порождает электрическое поле; второе уравнение: изменяющееся магнитное поле порождает вихревое электрическое поле; третье уравнение: магнитных зарядов не существует; четвертое уравнение: электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле.

2. Закон теплопроводности, также известный как закон Фурье, гласит, что скорость теплопередачи через материал пропорциональна отрицательному градиенту температуры и площади под прямым углом к этому градиенту, через которую протекает тепло.

3. Эффект Холла — это возникновение в электрическом проводнике разности потенциалов (напряжения Холла) на краях образца, помещённого в поперечное магнитное поле, при протекании тока, перпендикулярного полю.

МГД-генераторы различают по способу отвода электроэнергии:

1. Кондукционные генераторы, в которых ток поступает на токосъёмные электроды канала и далее в нагрузку. Они генерируют переменный и постоянный токи.

2. Индукционные, в них отсутствуют токосъёмные электроды, а наведённые токи индуктивно связаны с внешней обмоткой. Они генерируют переменный ток.

Различают МГД-машины в зависимости от жидкометаллического рабочего тела:

1. Плоские линейные машины

В металлургии плоские линейные машины используют для бесконтактного перемешивания расплавов. При распределении вторичных токов в этих машинах появляется поперечный краевой эффект. На рисунке 1 изображена конструкция МГД-машины: 1 – ферромагнитные сердечники; 2 – многофазная обмотка; 3 – индуктор плоской линейной машины.

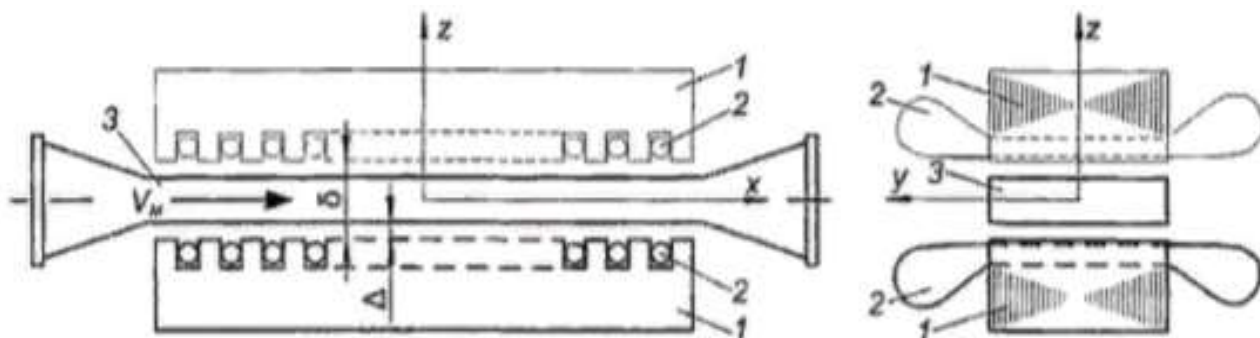


Рисунок 1 – Конструкция плоской линейной машины.

2. Индукционные вращатели

Литье труб осуществляется благодаря застыванию мениска, который образовался в вертикальном вращателе при перемещении жидкого металла к периферии вращателя под воздействием центробежных сил. На рисунке 2 изображена конструкция индукционного вращателя: 1 - ферромагнитный сердечник вращателя; 2 - многофазная обмотка; 3 - огнеупорная труба; 4 - жидкий металл.

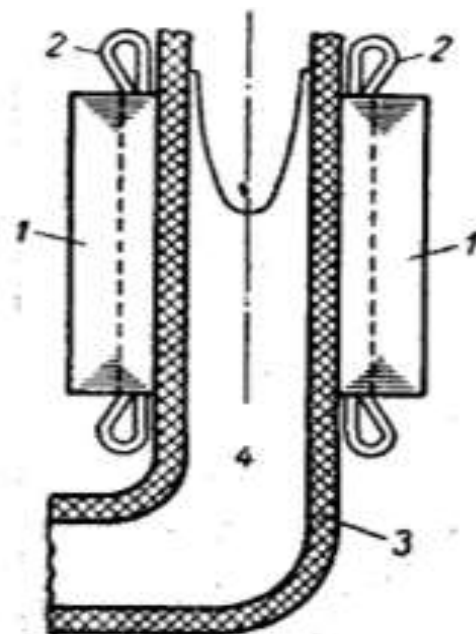


Рисунок 2 – Конструкция индукционного вращателя.

3. Цилиндрические линейные машины

В цилиндрической машине создается бегущее магнитное поле в направлении оси машины. Одно из главных преимуществ машины заключается в отсутствии вторичного краевого эффекта. Главный недостаток машины состоит в ее конструкции: обмотка располагается только на внешнем сердечнике, что в свою очередь приводит к увеличению ее размеров из-за уменьшения общей линейной нагрузки. На рисунке 3 изображена конструкция цилиндрической линейной машины: 1 — индуктор; 2 — магнитопровод; 3 — обмотка индуктора; 4 — канал; 5 — жидкий металл.

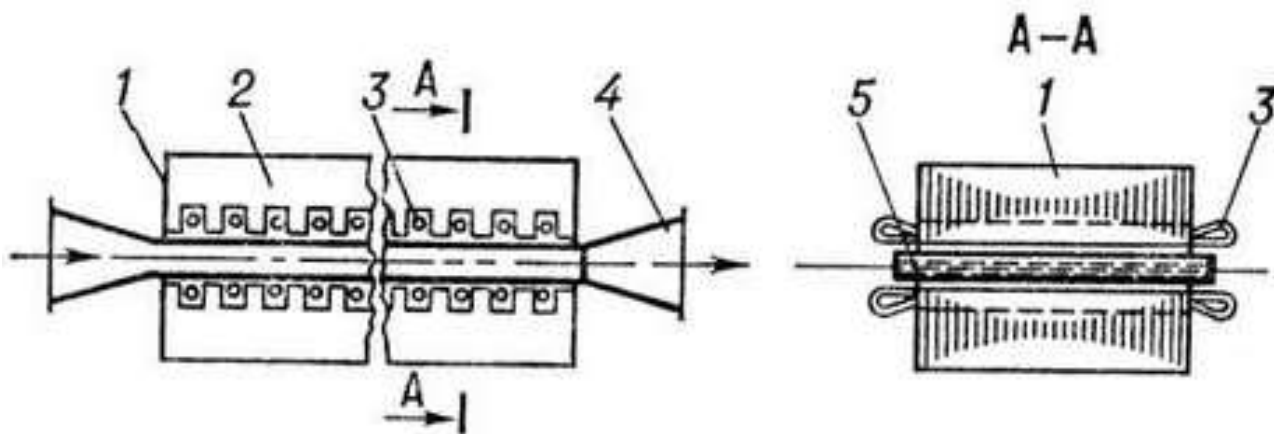


Рисунок 3 – Конструкция цилиндрической линейной машины.

МГД-преобразователи активно используются в России в металлургических целях. Такие предприятия как “Красноярский металлургический завод” и Рязанской Государственной районная электростанция.

При изготовлении труб обычно используются цилиндрические линейные машины, в которых под воздействием силы ампера провоцируются движение металлов в трубе. В зависимости от плотности частиц, некоторые из них будут стремиться к периферии трубы, тем самым, они не попадают под действие электромагнитной силы. Именно поэтому данные машины недостаточно эффективны.

В свою очередь, комбинированная МГД-машина объединяет в себе конструкции двух МГД-машин, одна машина из которых с фазовым статором асинхронного двигателя, которая создает вращающееся поле, вторая машина находится внутри трубы, ее поле направлено в противоположную сторону. В этом случае в объеме жидкого металла будут создаваться потоки завихрения, что улучшает перемешивание металлов.

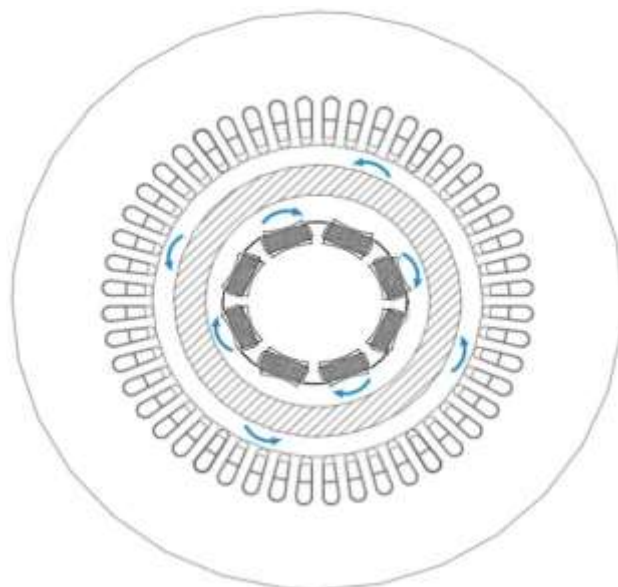


Рисунок 4 – Схема комбинированной МГД-машины.

Результат исследования заключается в выявлении принципа работы и характеристики МГД- машины; в исследовании области применения МГД-машин; в рассмотрении способов использования МГД машин для изготовления труб и перемешивания расплавов.

Таким образом, в процессе исследования нам удалось выяснить, что основным принципом работы мгд машин является создание вращающегося магнитного поля, в качестве вращающегося объекта применяется расплав, который под воздействием электромагнитных сил приводится в движение. Для такого вида смешивания возможно применение дополнительного способа воздействия электромагнитного поля на расплав.

Библиографический список:

1. А. И. Вольдек, «Индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом», Л, «Энергия», 1970. - 272 с.
2. Введение в магнитогидродинамическое (МГД) преобразование энергии [Электронный ресурс] : электронное учебное издание : учебное пособие по дисциплинам "Электроракетные двигатели" и "Плазменные энергетические установки" / Панченко В. П. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Фак. "Энергомашиностроение", Каф. "Плазменные энергетические установки". - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, сор. 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
3. Швыдкий Е.Л. Исследование гидродинамических процессов в жидкометаллическом вторичном элементе индукционных МГД машин: дис. докт. техн. наук, профессор Сарапулов Федор Никитич Электромеханика и электрические аппараты наук: Екатеринбург, 2020. - 181 с.

УДК 621.31

Реализация регулятора напряжения возбуждения на языке моделирования Simscape

Белых В. В.^{1 2}

Научный руководитель – Хохлов М. В.²

1 - Сыктывкарский лесной институт, г. Сыктывкар, Россия

2 - ФИЦ «Коми Научный Центр УрО РАН», ИСЭ и ЭПС, г. Сыктывкар, Россия

Для моделирования в реальном времени используются специальные программные комплексы, например в лаборатории энергетических систем «ФИЦ Коми НЦ Уро РАН» установлен стенд полунатурного моделирования «РИТМ». Для работы на этом стенде была разработана библиотека моделей на языке Simscape «PhasorSim»[1]. В данной статье разрабатывается регулятор напряжения возбуждения типа АС1А в дополнение к этой библиотеке. Рассматривается структурная схема регулятора, реализация на языке Simscape, верификация с использованием библиотеки OpenIPSL в OpenModelica[2], а также сравнение скорости моделирования с аналогичных регулятором во встроенной библиотеке Simulink[3].

Структурная схема. На рисунке 1 представлена структурная схема АС1А.

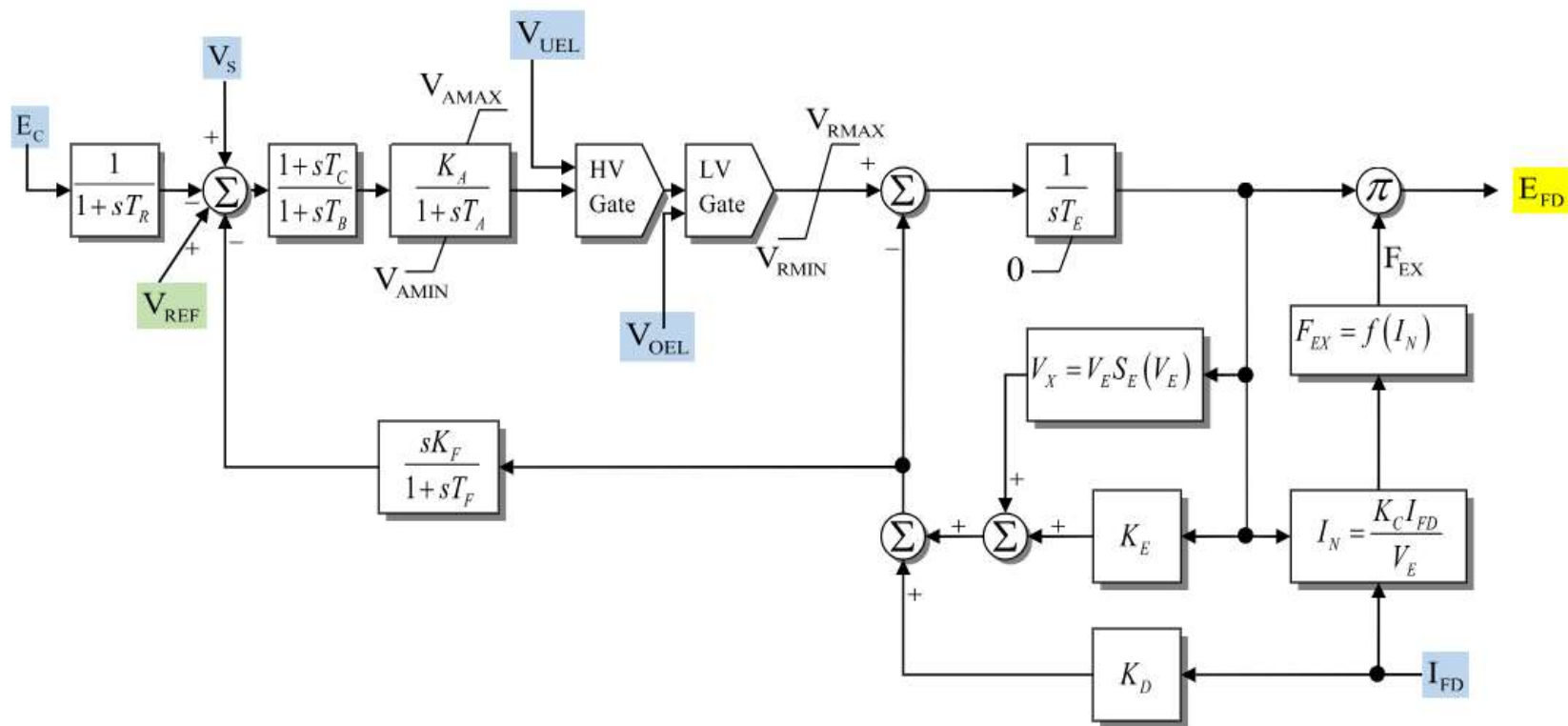
Данное устройство непрерывно сравнивает измеренное выходное напряжение генератора с заданным значением и корректирует напряжение возбуждения, чтобы достичь необходимого уровня выходного напряжения. Этот процесс регулирования происходит быстро и автоматически, обеспечивая стабильность выходного напряжения даже при изменяющихся условиях нагрузки или скорости вращения генератора.

Реализация на языке Simscape. Реализация данного регулятора на языке Simscape состоит из четырех шагов: вначале нужно обозначить входные и выходные сигналы регулятора – рисунок 2. Далее добавить параметры регулятора и определить возможные значения – Рисунок 3.

После добавить и определить компоненты передаточных функций, функции выпрямителя и насыщения – рисунок 4.

В конце добавляем уравнения – рисунок 5. После точки в названии компонента определяется вход, выход или инициализация. Обозначение “у” определяет вход, “и” – выход, “у0” – инициализация.

Верификация. Как уже было сказано во введении верификацию будем производить посредством сравнения аналогичного регулятора в библиотеке OpenIPSL. На рисунке 6 и 7 представлены схемы с помощью которых будет проводиться верификация. В момент времени 2 и 2.15 секунды моделируется короткое замыкание и его ликвидация соответственно. На рисунке 8 показаны графики напряжение статора на генераторе и напряжение возбуждения на выходе регулятора рассчитанные в Matlab/Simulink и OpenModelica. Можно заметить разница в расчетах не существенная, максимальная ошибка составила 0.007% что вполне допустимо и обусловлено разными решателями.



где E_C – напряжение статора генератора;
 V_{REF} – установившееся напряжение статора в нормальном режиме;
 V_S – стабилизирующее напряжение;
 V_{AMAX} – максимальное значение регулирующего сигнала;
 V_{AMIN} – минимальное значение регулирующего сигнала;
 V_{RMAX} – максимальное напряжение возбуждения;
 V_{RMIN} – минимальное напряжение возбуждения;
 V_{UEL} – ограничение недовозбуждения;
 V_{OEL} – ограничение перевозбуждения;
 I_{fd} – сила тока возбуждения;
 E_{fd} – напряжение возбуждения;

F_{EX} – сигнал функции выпрямителя;
 T_R – постоянная времени фильтра входа регулятора;
 K_A – коэффициент усиления;
 T_A – постоянная времени выхода сигнала регулятора;
 T_B – постоянная времени запаздывания регулятора;
 T_C – постоянная времени опережения регулятора;
 K_F – коэффициент усиления;
 T_F – постоянная времени обратной связи;
 K_C – коэффициент загрузки выпрямителя;
 T_E – постоянная времени возбудителя;
 K_D – коэффициент возбудителя.

Рисунок 1 – Структурная схема AC1A.

```

inputs
    Ec; %Ec : left
    VOTHS; %VOTHS : left
    Efd0; %Efd0 : left
    Ifd0; %XADIFD : left
    VUEL; %VUEL : left
    VOEL; %VOEL : left
end

outputs
    Efd; % Efd : right
end

```

Рисунок 2 – Входа и выход сигналов регулятора АС1А.

```

parameters
    Tr = {0.04, 's'}; % Tr
    Tb = {2, 's'}; % Tb
    Tc = {10, 's'}; % Tc
    Ta = {0.02, 's'}; % Ta
    Ka = {400, '1'}; % Ka
    Vamax = {9, '1'}; % Vamax
    Vamin = {-5.43, '1'}; % Vamin
    Te = {0.8, 's'}; % Te
    Kf = {0.03, 's'}; % Kf
    Tf = {1, 's'}; % Tf
    Kc = {0.2, '1'}; % Kc
    Kd = {0.48, '1'}; % Kd
    Ke = {1, '1'}; % Ke
    E1 = {5.25, '1'}; % E1
    E2 = {7, '1'}; % E2
    SEE1 = {0.03, '1'}; % SEE1
    SEE2 = {0.1, '1'}; % SEE2
    Vrmax = {3, '1'}; % Vrmax
    Vrmin = {-3, '1'}; % Vrmin
    Ec0 = {1, '1'}; % Установившиеся напряжение
end

```

Рисунок 3 – Параметры регулятора АС1А.


```

components(ExternalAccess=none)
    lagex = PhasorSim.Blocks.LagEx(K=1, T=Tr)
    leadlagex = PhasorSim.Blocks.LeadLagEx(K=1, T1=Tc, T2=Tb)
    Der = PhasorSim.Blocks.DerivativeEx(T1=Kf, T2=Tf)
    lagim = PhasorSim.Blocks.LagLim(K=Ka, T=Ta, Lmax=Vamax, Lmin=Vamin)
    Intlim = PhasorSim.Blocks.LimIntegrator(T=Te, Lmax=1e15, Lmin=1e-15)
    F_I1 = PhasorSim.Blocks.F_I()
    SE2 = PhasorSim.Blocks.SE(Se1=SEE1, Se2=SEE2, E1=E1, E2=E2)
end

```

где lagex – апериодическое звено;
leadlagex – звено запаздывания; Intlim – интегрирующее звено с ограничением;
Der – реальное дифференцирующее звено; F_I1 – функция выпрямителя;
laglim – апериодическое звено с ограничением; SE2 – функция насыщения.

Рисунок 4 – Компоненты функций.

```

lagex.y0 == Ec0
leadlagex.y0 == VFE0/Ka
lagim.y0 == VFE0
Intlim.y0 == VE0
lagex.u == Ec
leadlagex.u == VOTHSG - lagex.y - Der.y + Vref
lagim.u == leadlagex.y
if lagim.y >= VOEL || lagim.y >= Vrmax
    if VOEL > Vrmax
        Intlim.u == Vrmax - (Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx)
    else
        Intlim.u == VOEL - (Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx)
    end
elseif lagim.y <= VUEL || lagim.y <= Vrmin
    if VUEL > Vrmin
        Intlim.u == VUEL - (Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx)
    else
        Intlim.u == Vrmin - (Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx)
    end
else
    Intlim.u == lagim.y - (Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx)
end
SE2.Ve == Intlim.y
Der.u == Kd*Ifd0 + Ke*Intlim.y + Intlim.y*SE2.Vx
F_I1.In == Ifd0*Kc/Intlim.y
Efd == F_I1.Fex*Intlim.y

```

Рисунок 5 – Уравнения регулятора АС1А

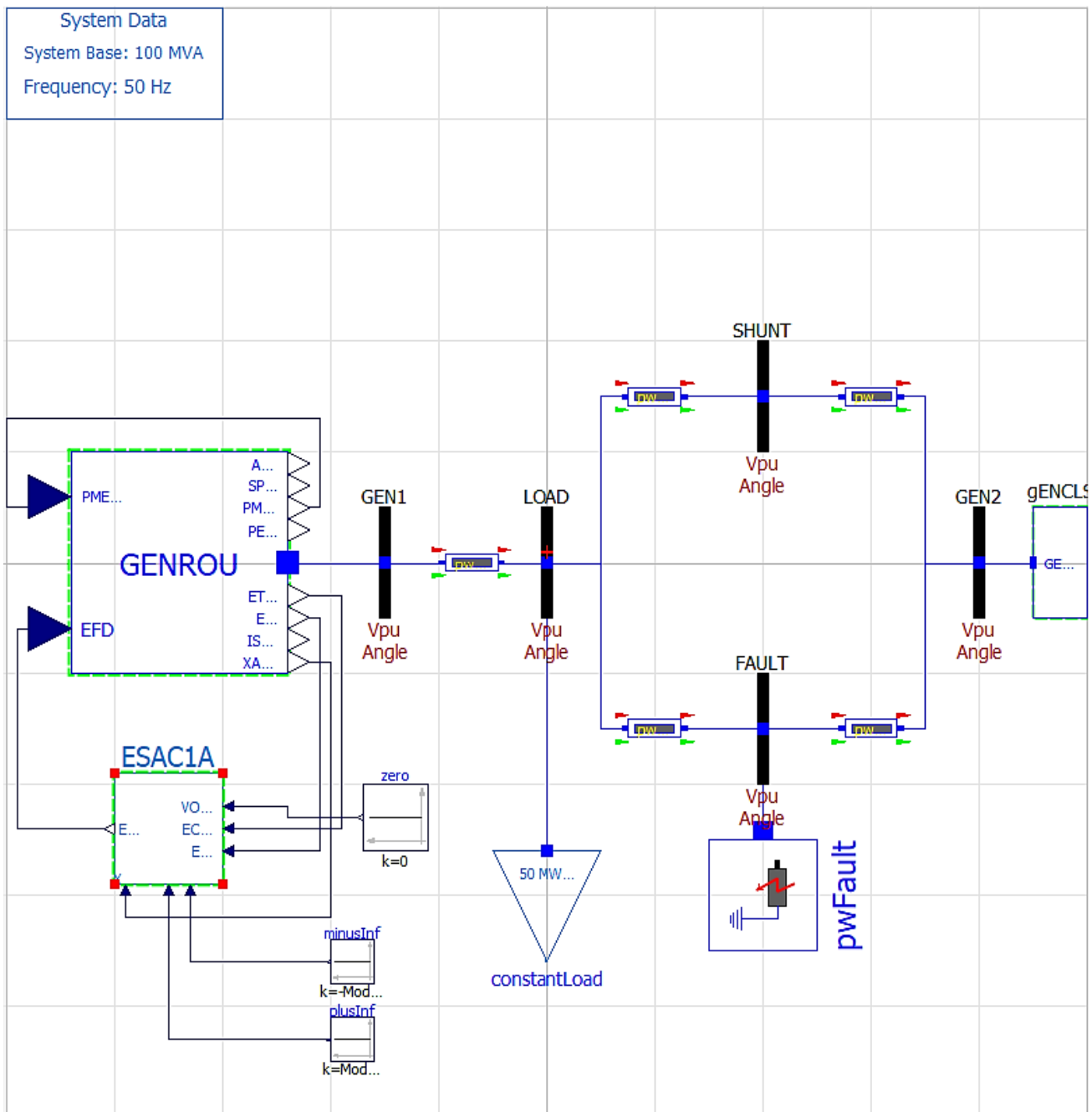


Рисунок 6 – Схема в OpenModelica с использованием библиотеки “OpenIPSL”.

Быстродействие. Во встроенной библиотеке Simulink “Specialized Power Systems” есть аналогичный регулятор AC1A, но собранный из направленных блоков, с ним сравним созданный регулятор по быстродействию. Сравнение проходит посредством использования схемы на рисунке 7, также настройки решателя идентичны, время моделирования равно 100 секундам, чтобы уменьшить влияние компиляции модели. По результату моделирования получены следующие данные на рисунке 9: моделирование схемы со встроенной моделью заняло 38,2884 секунды, моделирование схемы с описанной выше моделью заняло 26,6595 секунд.

Заключение. В заключении нашего исследования о реализации регулятора напряжения возбуждения на языке моделирования Simscape можно сделать следующие выводы.

Во-первых, верификация регулятора с использованием средств моделирования в OpenModelica подтвердила его правильную работу и соответствие заданным спецификациям. Этот процесс позволил удостовериться в корректности работы созданного регулятора.

Во-вторых, сравнение скорости моделирования схемы со встроенным в библиотеку Simulink регулятором показало преимущество разработанного нами регулятора. Время расчета уменьшилось на 30%.

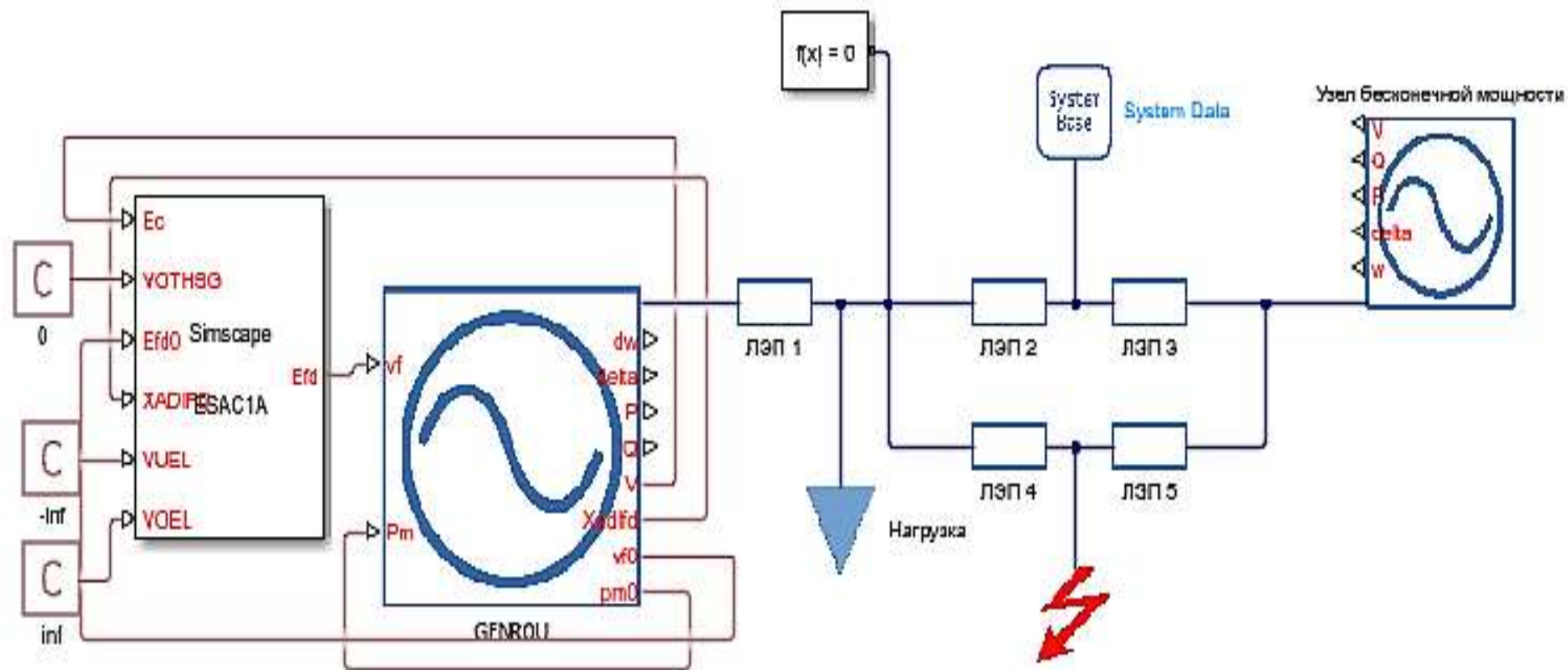
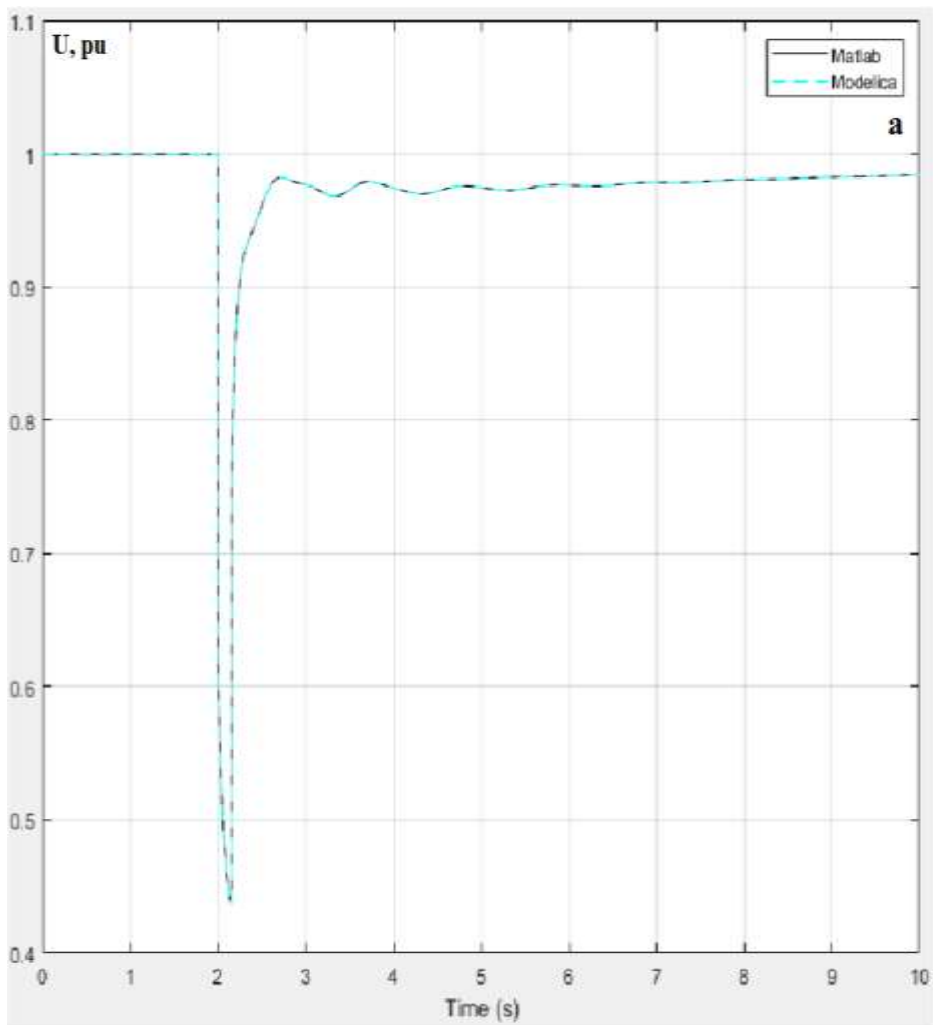
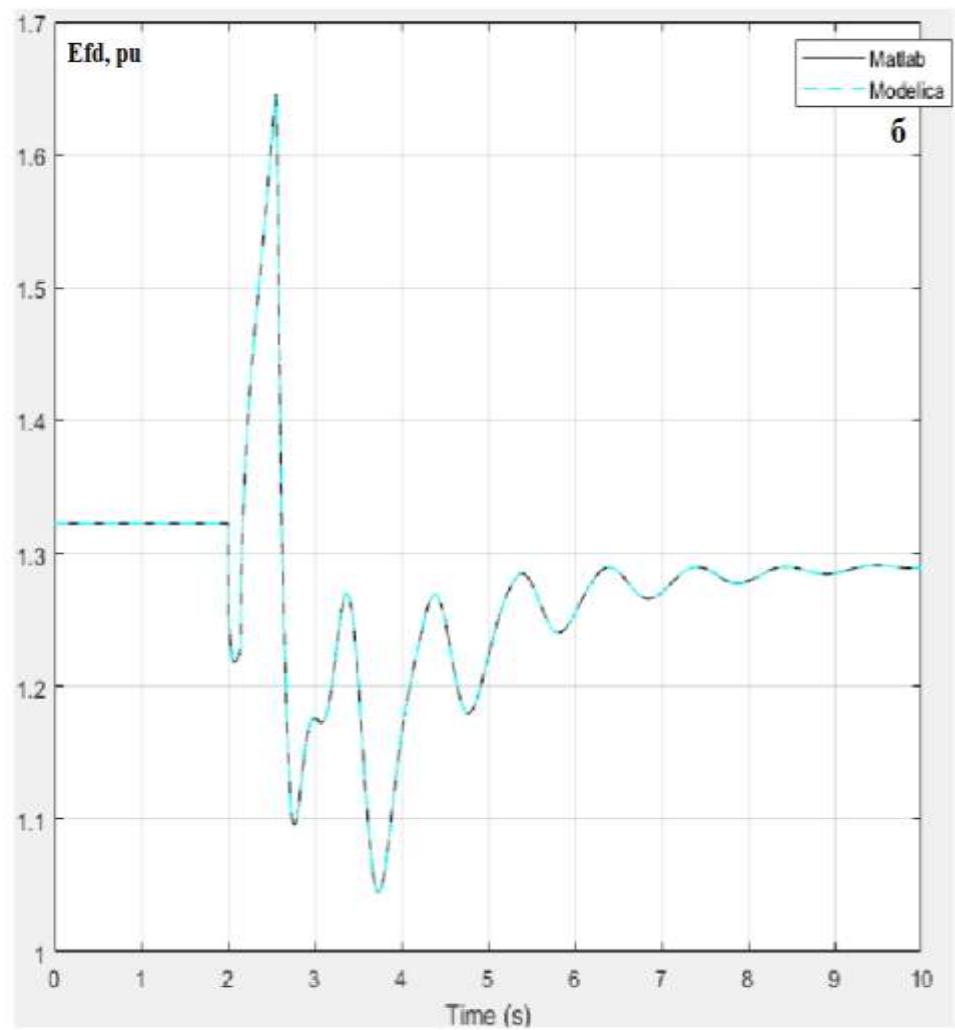


Рисунок 7 – Схема в Matlab/Simulink с использованием библиотеки “PhasorSim”.



а) напряжение на статоре GENROU,



б) напряжение возбуждение на выходе AVR

Рисунок 8 – Графики расчета в Matlab/Simulink и OpenModelica.

outNewPhasor.SimulationMetadata.TimingInfo	
Field ▲	Value
WallClockTimesta...	'2024-03-26 13:36:36' a
WallClockTimesta...	'2024-03-26 13:37:04'
InitializationElapse...	1.1065
ExecutionElapsed...	26.6595
TerminationElapse...	0.0845
TotalElapsedWallT...	27.8505
ProfilerData	'Profiler is not enabled'

а) созданный регулятор,

outSimulink.SimulationMetadata.TimingInfo	
Field ▲	Value
WallClockTimesta...	'2024-03-26 13:35:31' б
WallClockTimesta...	'2024-03-26 13:36:11'
InitializationElapse...	1.3082
ExecutionElapsed...	38.2884
TerminationElapse...	0.0768
TotalElapsedWallT...	39.6734
ProfilerData	'Profiler is not enabled'

б) встроенный регулятор в библиотеку Simulink

Рисунок 9 – Время моделирования.

Библиографический список:

1. Хохлов М.В. Построение имитационных моделей электроэнергетических систем с использованием языков акаузального моделирования // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2022: Сб. статей Восьмой Всеросс. науч.-практ. конф. (с межд. участ.) (21-23 сентября 2022 г., Сыктывкар): в 2 ч. – Иркутск: ООО «Максима», 2022, ч. II. – С. 159-169.
2. OpenIPSL: Open-Instance Power System Library : [сайт]. URL: <https://openipsl.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения: 09.04.2024)
3. Implements IEEE type AC1A excitation system model : [сайт]. URL: https://www.mathworks.com/help/sps/powersys/ref/ac1aexcitationsystem.html?searchHighlight=ac1a&s_tid=srchtitle_support_results_1_ac1a (дата обращения: 09.04.2024)

УДК 621.313.8

Высокоскоростные синхронные генераторы с постоянными магнитами

Полетаева С. Н.

Научный руководитель – Щетинин Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Развитие авиационной, ракетной и космической техники стало первопричиной применения высокооборотных электрических машин. В настоящее время их применяют для децентрализованной энергетики, например, на крайнем севере, где затруднена возможность прокладки воздушных или кабельных линий. В качестве газовых электрогенераторов применяют синхронные машины с постоянными магнитами.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ классических синхронных генераторов (СГ) и синхронных генераторов с постоянными магнитами (СГПМ).

Таблица 1 - Сравнительный анализ классических СГ и СГПМ.

Классические СГ	СГПМ
<ul style="list-style-type: none">• На роторе таких СГ используют обмотку возбуждения (ОВ) для создания постоянного магнитного поля;• Возможность регулировать магнитный поток и $\cos\varphi$.• Требуют внешнего источника постоянного тока для возбуждения и систему управления возбуждением;• Повышенные массогабаритные параметры за счет применяемой ОВ на роторе, коллекторно-щеточного узла или дополнительного генератора при бесконтактном возбуждении;• Высокий КПД;• Максимальная применяемая частота вращения до 9000 об/мин (промышленные и корабельные генераторы, авиационные генераторы).	<ul style="list-style-type: none">• Постоянное магнитное поле на роторе создается за счет постоянных магнитов, что упрощает конструкцию;• Не требуют внешнего источника постоянного тока для возбуждения;• Повышенные показатели удельной мощности;• Простота конструкции и отсутствие скользящих контактов, уменьшенные механические потери;• Отсутствует возможность регулирования магнитного потока;• Высокий КПД;• Частота вращения до 150 000 об/мин (промышленные генераторы, ветрогенераторы, сверхскоростные генераторы, газотурбинные генераторы).

Постоянные магниты представляют собой ферромагнитные материалы, которые обладают остаточной намагниченностью. Магнитные свойства магнитов, такие как коэрцитивная сила, индукция и магнитная проницаемость, зависят от используемых материалов.

В СГПМ постоянные магниты располагаются на роторе. В зависимости от расположения магнитов различают несколько типов роторов: ротор типа «звездочка» (рисунок 1, а), коллекторного типа (рисунок 1, б), V-образного типа (рисунок 1, в) и ротор по сборке Хальбаха (рисунок 1, г).

Механическая прочность ротора обеспечивается за счет применения бандажной оболочки, которая устанавливается на поверхности ротора. При высоких частотах вращения ротора она противодействует центробежным силам, воздействующим на магниты.

При расчете бандажной оболочки важно учитывать величину натяга, свойства применяемых материалов, а также геометрические размеры ротора.

Выбор подшипниковых узлов влияет на область применения высокоскоростных машин, их коэффициент полезного действия и допустимые нагрузки. Предъявляемые критерии к подшипниковым узлам нередко могут противоречить друг другу. Наиболее перспективными являются бесконтактные подшипниковые опоры (магнитные или газовые).



а) ротор типа «звездочка»

б) ротор коллекторного типа



в) ротор V-образного типа

г) ротор по сборке Хальбаха

Рисунок 1 – Типы роторов в СГПМ.

При проектировании СГПМ необходимо использовать как известные теоретические и расчетные данные, так и данные из опытов и практических рекомендаций.

Большое внимание при расчетах такого рода машин уделяется потерям, прочности ротора и зависимости развиваемой мощности от частоты вращения.

Зависимость развиваемой мощности от скорости вращения СГПМ обычно представляет собой кривую, имеющую свою специфику. По мере увеличения скорости вращения генератора первоначально увеличивается и его развиваемая мощность, так как увеличивается скорость движения магнитного поля относительно обмоток.

Суммарные потери высокооборотных машин могут быть представлены в виде следующего выражения:

$$P_{cu} = P_m + P_{BT},$$

где $P_m = mI^2 r_a$ – омические потери в обмотке статора;
 I – номинальный действующий ток, протекающий по обмотке;
 r_a – активное сопротивление обмотки;
 P_{BT} – добавочные потери, вызванные вихревыми токами, наводимыми в обмотке и эффектом близости проводников в обмотке.

Для определения потерь в магнитопроводе статора не существует единой методики расчета, пользуются различными аналитическими формулами, коэффициенты которых получают экспериментально для разных типов электротехнических сталей. Потери в роторе относят к добавочным и разделяют на магнитные, аэродинамические и механические.

Магнитные потери рассчитываются как на вихревые токи в высококоэрцитивных постоянных магнитах и бандажной оболочке ротора от высших гармоник магнитного поля и в подшипниковых узлах.

Прочность роторов высокоскоростных синхронных генераторов с постоянными магнитами необходима для обеспечения длительной и надежной работы генератора. Прочность ротора зависит от механической прочности бандажа:

$$P_N = P_{пред} + P_{терм} - P_{ц} > 0$$

$$k_{\sigma} (\sigma_{пред} + \sigma_{терм} + \sigma_{ц}) < \sigma_M,$$

где P_N – остаточное давление бандажа на высококоэрцитивные постоянные магниты (ВПМ);

$P_{пред}$, $\sigma_{пред}$ – давление и механическое напряжение соответственно, создаваемые преднатягом бандажа;

$P_{терм}$, $\sigma_{терм}$ – давление и механическое напряжение соответственно, создаваемые термическим расширением ротора и ВПМ;

$P_{ц}$, $\sigma_{ц}$ – давление и механическое напряжение соответственно, создаваемые центробежными силами;

σ_M – предел прочности на текучесть материала бандажа;

k_{σ} – коэффициент запаса прочности бандажа ротора.

В настоящее время существует несколько методик проектирования рассматриваемых генераторов с разными типами конструкций. Однако создание высокоскоростных СГПМ больших мощностей свыше 1 МВт может включать множество уточнений и оптимизации.

В России, одной из компаний занимающейся разработкой высокооборотными СГПМ до 1 МВт является компания «ВЭЛМА», выпускающая электрогенераторы ВЭЛМА 100, предназначенные для снабжения потребителей, подключенных к микрогазотурбинной установке, определенным видом электроэнергии. Также разработками в данном направлении занимается корпорация «ВНИИЭМ».

Зарубежными представителями по производству высокоскоростных генераторов являются: компания Elliott, Capstone и Opera. Основным гигантом в области создания ВСГПМ является компания Siemens, которая делает генераторы с мощностью 40 МВт на частоту вращения 24000 об/мин.

Библиографический список:

1. Исмагилов Ф. Р., Хайруллин И. Х., Вавилов В. Е. Высокооборотные электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами : учебное пособие. – М. : «Издательство «Инновационное машиностроение», 2017. – 248 с.
2. Бут Д. А. Бесконтактные электрические машины: учеб. пособие для электромех. и электроэнерг. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 416 с.: ил.

3. Балагуров В.А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 272 с., ил.
4. Ледовский А.Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с., ил.
5. Осин И.Л. Синхронные микродвигатели с постоянными магнитами М., «Энергия», 1976. – 232 с., ил.

УДК УДК: 681.586.78

Исследование использования магнитоэлектрических датчиков для повышения точности измерения в автоматике

Нугуманов Г. Р.

Научный руководитель – Басыров Р. Р.

*Набережночелнинский институт Казанского федерального университета,
г. Набережные Челны, Россия*

Магнитоэлектрические датчики – инновационное решение, которое активно завоевывает свою нишу на рынке электронных компонентов. В современном мире, где важными критериями становятся не только надежность и точность измерений, но и экономичность и простота конструкции, магнитоэлектрические датчики выходят на первый план. В данной статье мы рассмотрим особенности работы, преимущества и перспективы применения этих устройств, а также детально изучим их конструкцию.

Магнитоэлектрический датчик состоит из двух магнитоэлектрических обкладок и пьезоэлектрического материала. Если индуктивный датчик использует принцип индукции для обнаружения металлических объектов в его окрестности, то магнитоэлектрические датчики работают на основе эффекта магнитоэлектричества, который проявляется в изменении размеров материала под воздействием магнитного поля. Эти датчики состоят из двух магнитоэлектрических обкладок и пьезоэлектрического материала. Суть работы заключается в изменении линейных размеров магнитоэлектрического материала, которое происходит из-за влияния магнитного поля, которое создается вращением синхродиска. Изменение линейных размеров в свою очередь влияет на пьезоэлектрический материал, поскольку пьезоэлектрик чувствителен к деформации. Пьезоэлектрик имеет свойство генерировать электрический ток при деформации, а на обкладках тем временем МЭ элемента возникает разность потенциалов. Таким образом, магнитоэлектрический датчик использует принципы магнитоэлектричества и пьезоэлектричества для преобразования механической энергии, возникающей из-за изменения размеров материала под воздействием магнитного поля, в электрический сигнал. Этот метод позволяет эффективно измерять и контролировать магнитные параметры объектов.

Инженеры заявляют, что магнитоэлектрические датчики могут послужить достойной альтернативой индукционным датчикам коленчатого вала. Это связано с их низкой стоимостью и простотой конструкции и мировой рынок, подметив для себя преимущества таких датчиков, в последние годы переходит именно на магнитные датчики. Помимо этого, есть другие причины выбора современных магнитных датчиков, и поэтому я представлю преимущества и недостатки того и другого вида датчика.

Преимущества магнитоэлектрических датчиков:

- Высокая чувствительность к магнитным полям.
- Могут работать в широком диапазоне температур.
- Не требуют контакта с обнаруживаемым объектом.

Магнитоэлектрические датчики способны обнаруживать даже слабые изменения магнитного поля, что делает их идеальными для точного измерения и контроля магнитных полей в различных приложениях, а также обычно обладают хорошей стабильностью и работоспособностью в широком диапазоне температур, что позволяет использовать их в экстремальных условиях без потери точности или надежности. Одним из ключевых преимуществ магнитоэлектрических датчиков является то, что они способны обнаруживать магнитные поля без необходимости

физического контакта с обнаруживаемым объектом. Это делает их удобными для использования в различных приложениях, где контакт может быть нежелателен или невозможен. Индуктивные датчики используют принцип индукции для обнаружения металлических объектов в окружающей среде. Они генерируют переменное электромагнитное поле и реагируют на изменения этого поля, вызванные металлическими объектами. Индуктивные датчики широко применяются для обнаружения и позиционирования металлических объектов.

Преимущества индуктивных датчиков:

- Высокая надежность и долговечность.
- Могут работать в условиях высокой влажности и пыли.
- Не требуют прямого контакта с обнаруживаемым объектом.

Недостатки индуктивных датчиков:

- Не способны обнаруживать немаetalлические объекты.
- Ограничены в рабочем расстоянии обнаружения.

В заключение, выбор между магнитоэлектрическими и индуктивными датчиками зависит от конкретной задачи и условий эксплуатации. Магнитоэлектрические датчики обладают высокой чувствительностью к магнитным полям, тогда как индуктивные датчики хорошо подходят для обнаружения металлических объектов. Важно учитывать требования по точности, рабочим условиям и типу обнаруживаемых объектов при выборе соответствующего типа датчика.

Библиографический список:

1. Магнитоэлектрические датчики тока: обзор / И. Ю Марков, А. В. Бурбах, А. Г. Кондрашов, В. М. Петров, М. И. Бичурин // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. – 2023.

УДК 510.644

Управление на основе нечеткой логики в гибридных энергосистемах

Базарова А. М., Отев К. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Гибридные энергосистемы, использующие различные виды возобновляемых источников энергии, в настоящее время широко распространены во всем мире. Системы преобразования энергии ветра и солнечные (фотоэлектрические) системы широко используются в регионах с высоким потенциалом ветра и солнечной энергии. На эти системы, которые очень распространены в отдаленных районах, влияют резкие колебания скорости ветра и солнечной активности. Это в сочетании с типичными изменениями нагрузки создает неотъемлемые проблемы при проектировании и эксплуатации таких систем. Асинхронные генераторы с самовозбуждением используются в системах преобразования энергии ветра из-за нескольких факторов. Некоторые из них включают, например, простоту, долговечность, снижение капитальных затрат, отсутствие необходимости в отдельном возбудителе, простоту запуска и способность генерировать электроэнергию с широким диапазоном скоростей.

Управление энергосистемой требует поддержания постоянного баланса между выработкой электроэнергии и изменениями нагрузки при сохранении частоты, уровня напряжения и безопасности системы. Анализ стабильности и управляемости асинхронных генераторов с помощью самовозбуждения осложняется тем, что напряжение на клеммах и частота изначально неизвестны. Другая проблема - нелинейность реактивного сопротивления намагничивания. Для правильного управления важно четко понимать динамические характеристики каждого элемента системы. Для практических целей в системную модель следует включать только динамику, относящуюся к определенному временному масштабу. Этот аспект моделирования является самой большой проблемой в традиционных стратегиях управления, особенно для крупных взаимосвязанных энергосистем [1].

Одно из первых применений нечеткой логики в энергосистемах было в области интеллектуального управления, поскольку концепция управления нечеткой логикой (FLC) не

настраивает управляющие параметры системы в соответствии с точной математической моделью динамики процесса. Нечеткие системы, использующие эвристическую информацию, очень эффективно использовались в качестве контроллеров. Имитируя мыслительный процесс людей-экспертов, эти контроллеры заменяют обычные сложные нелинейные контроллеры и просты в реализации.

Однако большинство существующих контроллеров сосредоточены исключительно на улучшении управления с помощью регуляторов, устройств AVR и FACTS в системах, приводимых в действие синхронными генераторами, и проводят имитационные испытания для проверки улучшенных условий работы с точки зрения параметров синхронной машины. На сегодняшний день метод управления нечеткой логикой был применен для определения и извлечения максимальной мощности из ветроэнергетической системы, а также для разработки контроллера мониторинга для передачи этой мощности отдаленному нефтегазовому месторождению. Эта разработка учитывает ситуацию с гибридными энергетическими системами, а именно, когда электроэнергия поступает как из традиционных, так и из возобновляемых источников.

Для гибридных энергосистем, в которых вклад систем преобразования возобновляемой энергии очень мал по сравнению с выходной мощностью дизеля, большинство системных операторов просто используют регулятор (дизельный двигатель), позволяя, выходной мощности ветра свободно варьироваться в пределах скорости включения и выключения ветра. Там, где вклад возобновляемых источников относительно велик, становится необходимым извлекать как можно больше энергии из этих источников, чтобы поддерживать использование дизельной системы в наиболее экономичном диапазоне, принимая во внимание соответствующее воздействие на окружающую среду.

Управление в скользящем режиме, основанное на теории систем с переменной структурой привлекает множество исследований в области систем управления. Основным преимуществом скользящего управления режимом является устойчивость к структурированным и неструктурированным неопределенностям параметров. В работе делается попытка рассмотреть нечеткое логическое управление углом наклона лопасти ветряной турбины, анализ устойчивости которого основан на теории управления скользящим режимом.

Базовая конфигурация контроллера нечеткой логики (FLC) показана на рисунке 1. Нечеткие контроллеры состоят из набора управляющих правил (if-then rules), описывающих поведение контроллера с использованием лингвистических терминов (этап фаззификации), механизма вывода (логика принятия решения) и выходного интерфейса (этап дефаззификации). При принятии решений на этапе нечеткое управление получается с помощью композиционного правила вывода, обычно максимального-минимального композиционного правила. База знаний состоит из базы данных, которая предоставляет необходимые определения, используемые для определения правил лингвистического управления и нечетких манипуляций с данными, и базы правил, которая характеризует цели управления и политику управления экспертов предметной области посредством набора правил лингвистического управления.



Рисунок 1 – Конфигурация типичного FLC.

Управляющими входными данными для регулятора будут отклонение частоты вращения ротора и соответствующая скорость изменения частоты вращения отклонение. Функции принадлежности для отклонения скорости и изменения отклонения скорости. Набор условных операторов для управления двумя переменными приведен в таблице 1. Сокращения, используемые в таблице 1, означают: *N* – отрицательный; *NB* – отрицательный большой; *NM* –

отрицательный средний; *NS* – отрицательный маленький; *NT* – отрицательный незначительный; *P*– положительный; *PB* – положительный большой; *PM* – положительный средний; *Ш* – положительный маленький; *PT* – положительный незначительный; *Z* – ноль.

Таблица 1. Нечеткие правила для управления регулятором.

	<i>NB</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>	<i>PB</i>
<i>N</i>	<i>PB</i>	<i>PM</i>	<i>PT</i>	<i>NT</i>	<i>NS</i>
<i>Z</i>	<i>PM</i>	<i>PS</i>	<i>Z</i>	<i>NS</i>	<i>NM</i>
<i>P</i>	<i>PS</i>	<i>PT</i>	<i>NT</i>	<i>NM</i>	<i>NB</i>

Стратегия управления заключается в увеличении потребляемой механической мощности по мере снижения скорости, вызванного снижением выходной мощности от возобновляемых источников или увеличением нагрузки. Например, первое правило гласит, что, если ошибка в скорости отрицательно велика (например, из-за увеличения нагрузки), а частота ошибок отрицательна, то изменение входной мощности должно быть большим положительным.

Для регулирования угла наклона лопасти используется выражение (1):

$$\begin{cases} T_k \leq T_k^* = T_{gk} + \frac{2H_{k \min}}{\omega_b} \lambda^2 \rho_k > \lambda \rho_k \\ T_k \geq T_k^* = T_{gk} + \frac{2H_{k \max}}{\omega_b} \lambda^2 \rho_k < -\lambda \rho_k \end{cases}, \quad (1)$$

где T_k – развиваемый механический крутящий момент;
 T_k^* – требуемый механический крутящий момент, необходимый для стабильности работы генератора;
 T_{gk} – электромагнитный (развиваемый) крутящий момент;
 H_k – постоянная инерции;
 ω_b – частота вращения ротора;
 λ – угол линии переключения;
 ρ_k – сигмовидная функция $(-0,5+1,0/(1,0+e^{-tk}))$.

На основе уравнения 1 используют отклонение генератора частота вращения ротора, механический крутящий момент, соответствующий отклонениям скорости ветра. Функции принадлежности для этих управляющих входных данных состоят из 5 частей каждая [2]. Соответствующий набор условных операторов для управления переменными в этом случае представлен в таблице 2. Используемые здесь сокращения имеют те же значения, что и в таблице 1.

Таблица 2. Нечеткие правила управления углом тангажа.

	<i>NB</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>	<i>PB</i>
<i>NB</i>	<i>NB</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>
<i>NS</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>
<i>Z</i>	<i>NM</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>
<i>PS</i>	<i>NS</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>
<i>PB</i>	<i>Z</i>	<i>PS</i>	<i>PS</i>	<i>PM</i>	<i>PB</i>

В обоих случаях входные и выходные переменные преобразуются с помощью необходимых масштабных коэффициентов в реальные значения, используемые в теории

нечетких систем. Затем используется механизм вывода продукта корреляции и метод дефаззификации центра тяжести, обычно используемый в системах нечеткого управления, для генерации требуемых четких сигналов управления. Выходной сигнал нечеткого контроллера представляет собой нечеткий набор, в то время как для управляемой энергосистемы требуются нечеткие управляющие значения, отсюда необходимость дефаззификации, то есть преобразования нечетких величин в четкие значения.

Таким образом, в работе рассмотрены контроллеры нечеткой логики для регулятора и угла наклона лопастей ветряка при управлении гибридной энергосистемой. При выводе управляющих величин нечеткой логики была использована стратегия управления скользящим режимом, чтобы обеспечить стабильность и устойчивость системы управления к изменениям параметров. Управление гибридной энергосистемой с использованием фактических данных о ветровой и солнечной инсоляции в течение достаточно длительного периода времени является темой будущих исследований.

Библиографический список:

1. Sathish, Ch. Reactive Power Compensation in a Hybrid Renewable Energy System through Fuzzy Based Boost Converter / Ch. Sathish, I. A. Chidambaram, M. Manikandan // Problems of the Regional Energetics. – 2022. – No. 1(53). – P. 10-26. – DOI 10.52254/1857-0070.2022.1-53.02.
2. Усков А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления. Монография. - Смоленск: СФРУК, 2013. - 153 с.
3. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие, 2-е изд., испр. - М.: Интернет-Ун-т Информ. Технологий: Бинум. Лаборатория знаний, 2012, - 315с.



СЕКЦИЯ 2. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 712.01

Судьба безымянного проезда в городе Ухта

Рыженкова Е. В.

Научный руководитель – Зуева И. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В Ухте, наряду с появляющимися пустотами – территориями, образовавшимися в результате сноса ветхой жилой застройки, существуют неблагоустроенные участки, контактирующие со значимыми объектами города. Территория безымянного проезда, расположенная между детским садом №65 и ГИА, относится к таким объектам города. Данная «пустота» выполняет коммуникационную функцию как пешеходно-транспортную, так и инженерно-сетевую.

Актуальность нового заполнения «пустоты» очевидна в условиях неясности ориентиров и приоритетов в развитии среды и ее отдельных участков, удручающего состояния пешеходно-транспортных путей.

Был проведен анализ существующего состояния проезда и выявлены основные проблемы малых линейных городских элементов: некачественное покрытие, недостаточное озеленение, плохо проведенная инженерная подготовка, заброшенные участки, безликость территории и т.д. (рис. 1).

Проектная архитектурно-ландшафтная организация территории проезда (рис. 3) направлена на улучшение его качества и уровня экологической, градостроительной и социальной характеристик участка, а также придание проезду отличительного знакового характера (индивидуализация пространства). Концепция формообразования основывается на внедрение откликов части местной истории путем внедрения полуисчезнувших элементов стиля старой части Ухты – сталинского ампира. Данное решение принято, основываясь на предложении заказчика, и имеет свое обоснование: проявление элементов «Старого города» (рис. 2) в структуре не свойственной и даже чужеродной ей застройки 60-х годов – это символ проникающей и подстраивающейся под изменения современности памяти мест, кочующих в структуре реального времени. Самыми яркими представителями данного подхода являются памятники и мемориалы, точно располагающиеся в структуре любого города. Часто их сакральность никак не связана с местом размещения – чаще при этом руководствуются экономическим фактором.

В основном данный советский стиль строится по принципу идеально выверенной структуры города-сада с четкой организацией пространства и максимальным присутствием озеленения. Но в основной идее ландшафтной организации принято слово полуисчезнувший – оно и играет ведущую роль.

Прямолинейное транзитное пространство с примыканием к нему небольших по площади площадок для тихого отдыха, выполненных в стиле сталинского ампира, придаст особенность месту, некую знаковость, рекламность «Старому городу». В основу решения горизонтальной поверхности положена идея постепенного исчезновения и размывания границ. Четкая эталонная стилевая и пространственная модель сталинского ампира (в некотором смысле осовремененная) проявляется в «перетекании» покрытия и в использовании изменяющегося ограждения ГИА и детского сада №65, а также в других деталях, объектах благоустройства. Выделена одна полоса автомобильного движения, остальное пространство преимущественно отдано под озеленение и пребывание пешеходов.

В основном в озелененных полосах используется луговые газоны, так как это наиболее оптимальный вариант как с экологической, так и с экономической, и эстетической точек зрения. Это экологический комплекс, который направлен на максимальное сохранение благоприятных участков среды. Данное решение имеет ряд преимуществ: оно способствует поддержанию иммунной системы и психического здоровья людей, очищению воздуха от пыли, углекислого газа и прочих вредных выбросов автотранспорта, создает благоприятные условия для отдыха горожан, поддерживает устойчивость и биоразнообразие городских животных и растений. Луговой газон используется не везде, для создания участка с плавным переходом тротуарной плитки к газонному покрытию используется газонная трава. Озеленение, прорывающееся в швах между плиткой, в проекте может быть рассмотрено как метафора стремления к жизни. Существующее озеленение в большей степени сохранено, деградировавшие участки реанимированы за счет посадки зеленых насаждений в виде деревьев, кустарников и травосмесей.

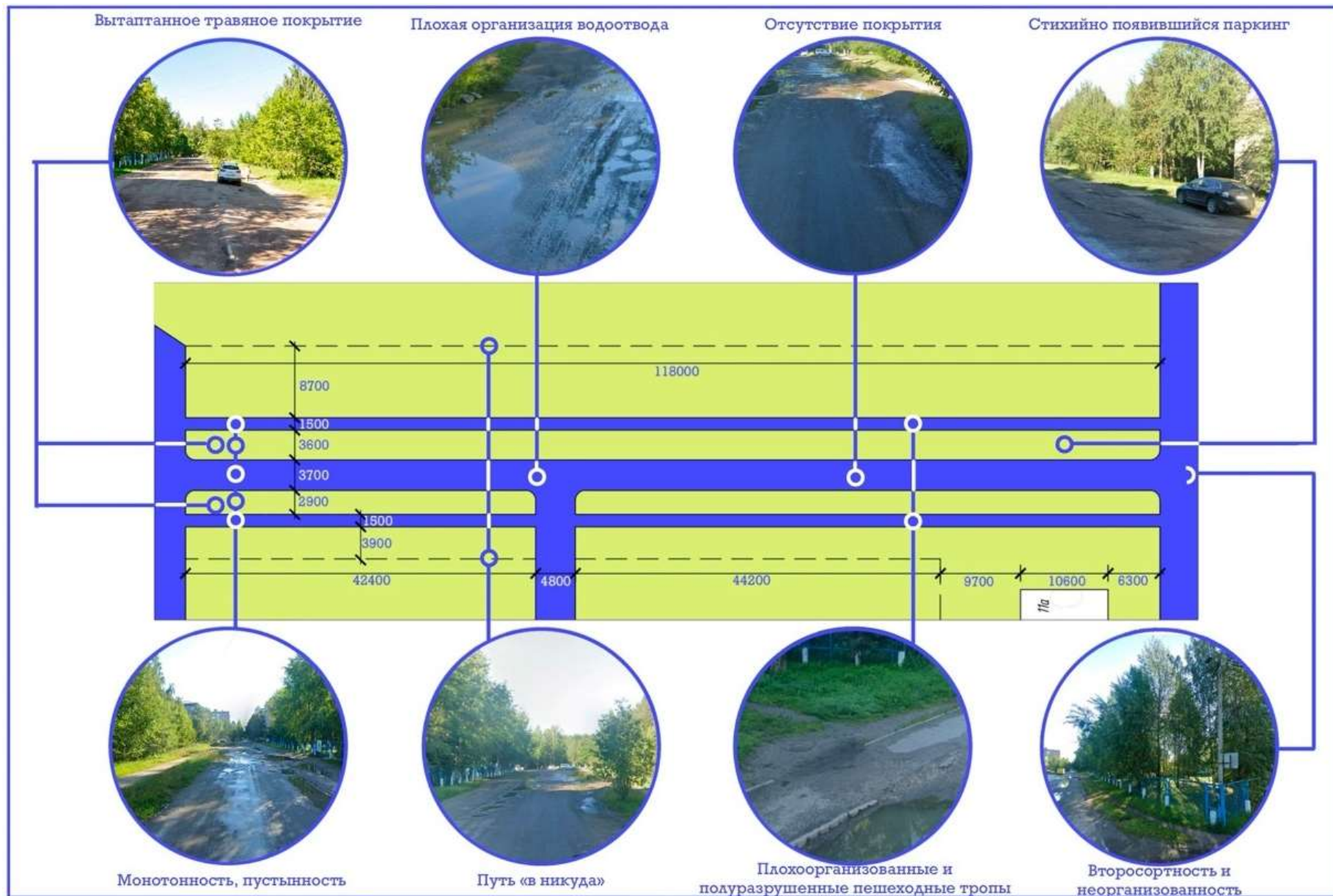


Рисунок 1 – Существующего состояния проезда.



Рисунок 2 – Прошлое г. Ухты, подлежащее охране (фотографии Ретро Ухта).



Рисунок 3 – Виды на безымянный проезд (проектное предложение).

Существующие ограждения участков ограниченного пользования также предлагается изменить под общую концепцию: выделить акцентные и ограждающие (фоновые) участки, разработаны различные варианты «орнамента» ограждений [1, 2]. Акцентные элементы ограждения выделяют основные зоны для отдыха, избавляют территорию от монотонности.

Главным памятником и символом являются четыре «полуисчезнувшие» арки, вводящие посетителя на территорию проезда и визуально подчеркивающие ее границы.

На площадках для тихого отдыха имеются невысокие бетонные ограждения-скамейки с деревянным реечным покрытием, вырастающие с поверхности земли и являющиеся также аллюзией на бетонные клумбы советского периода. Дизайнерские кубы-столбики [3] продолжают ритм покрытия пешеходных участков, задавая игровой характер контактными зонам, размывая четкие границы поверхностей с разными материалами.

Разработанное проектное предложение придает проезду узнаваемость и визуальную ориентированность человека в среде (запоминаемость), создавая площадки для определенных социально ориентированных, культурных процессов.

Библиографический список:

1. Архитектурная студия Vapa Collective // 39186 Vacant Rooms [Электронный ресурс]. - <https://www.vapacollective.fi/work/39186vacantrooms> (дата обращения 01.03.2024);
2. Архитектурная студия LANZA Atelier [Электронный ресурс]. - <https://lanzaatelier.com/en/proyectos/1973-2021/> (дата обращения 05.03.2024);
3. Выставка цветов в Челси 2017 'Сад М & G' [Электронный ресурс]. - <https://www.scapedesign.com/en/chelsea-flower-show-2017-the-m-g-garden.html> (дата обращения 08.03.2024).

УДК 747.012

Реабилитация «страшных» мест в типовой общеобразовательной школе: на примере СОШ №2 им. Налимова в с. Выльгорт

Сосипатрова А. А.

Научный руководитель – Зуева И. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Окружающая среда имеет психологический фактор, который проявляется в чувствах и эмоциях, вызванных окружающим пространством. Длительное пребывание в неблагоприятной среде приводит к возникновению изменений в психике человека.

От структуры и функционально-эстетических качеств зависят многие параметры жизнедеятельности ребенка в пространстве, в котором он находится.

Детская архитектура – средство развития и воспитания ребенка. В связи с этим архитектура детских объектов понимается сегодня как самостоятельный фактор воспитания, напрямую связанный с учебным процессом и разносторонним развитием ребенка. Детское пространство должно вызывать любопытство, радость и волнение, обеспечивать безопасность и комфортность пребывания.

Факторами воздействия на психику является цвет, текстура и фактура и активно используются в решении школьных пространств (рис.1). Магда Мастафа выявила влияние цвета на психику детей: теплые цвета дают волнуемый, возбуждающий и стимулирующий эффект. Холодные цвета, зеленый и синий, дают успокаивающий и расслабляющий эффект. В то время белый дает эффект чистоты, открытости и яркости [1].

Также немаловажны приемы использования контрастных текстур и фактур, они представляют собой активное средство художественной выразительности. Если чувства ребенка положительно стимулируются, это может иметь оживляющий или успокаивающий эффект, способствовать мотивации, готовности действовать и усиливать концентрацию.



Сообщество, отрисованное в 3D Мэри и Давидом Джилванамп



Интерьер офиса Reversible Destiny



«Капля краски» в Шанхае

Рисунок 1 – Цвет в детской архитектуре.

На сегодняшний день большинство общеобразовательных школ находится в плохом состоянии, требующем изменений, начиная от оформления школьных пространств, заканчивая капитальным ремонтом. Одной из таких школ является школа в Вильгорте, дизайн-проектом которой занимаются студенты-архитекторы УГТУ в рамках федерального общественно значимого просветительского проекта «Школа мечты» в поддержку президентской программы капитального ремонта школ. Разработке дизайн-проекта предшествовало соучаствующее исследование, в процессе которого было выявлено множество «страшных мест» в интерьерах здания (рис. 2).

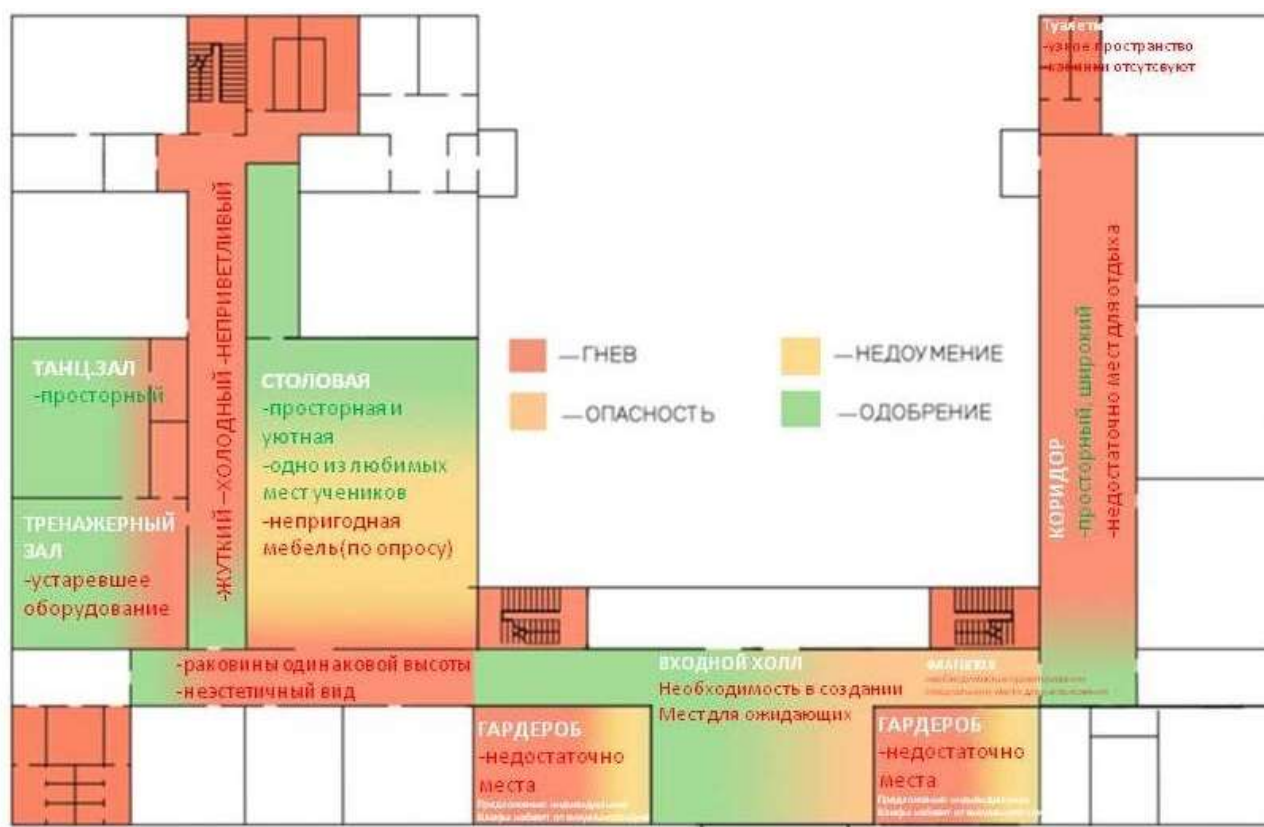


Рисунок 2 – Эмоциональная оценка пространств школьниками («страшные места»).

Архитектурная среда для детей должна быть особенной, творческой и эргономичной. В дизайне стен вестибюльной группы школы №2 им. Налимова целесообразно использовать светлые тона (светло-серые, светло-бежевые) как базовые поверхности, которые разбавляются яркой «короной» колонн-березок и цветной историей школы, расписанной в виде основных дат, важных для школы. Также необходимо увеличить количество мест для переодевания у стен гардероба.

Дизайн-проектом в широкой рекреации первого этажа предложено спроектировать места для коворкинга у оконных проемов, у стен расположить стеллажи для кроссбукинга, раскладные столы с пуфами, информационные стенды о Налимове с qr-кодами, позволяющими быстро переходить на сайты для более глубокого изучения биографии этнографа.

В узких рекреациях второго и третьего этажей у оконных проемов размещены зона коворкинга, а также стеллажи для литературы.

Рекреации начальных классов решены с использованием пастельных цветов и коми орнамента на стенах. Сформированы выставочные места на увеличенных подоконниках. Также предусмотрены мобильные тумбы, графитные доски, на поверхность пола нанесены разметка и рисунки для активных игр (рис. 3).

Рекреация кадетов решена в более строгой цветовой гамме с использованием патриотичных цветов. На стенах размещена информация о движении «Юнармия» и «Точка роста», а также цитаты А. Суворова. На пол нанесена разметка для строевого построения кадетов (рис. 4).

Вертикальные коммуникации решены в соответствии с общей концепцией, а с целью акцентирования и придания особенности пространству взяты более глубокие цвета. Каждый этаж пронумерован. Для более комфортного перемещения запроектированы перила с разной высотой поручней, расположенных с двух сторон марша. Каждая лестничная клетка имеет разное колористическое решение: в 1 используется красно-бордовые цвета, во 2 – желто-зеленые, в 3 – синие.

Столовая представлена в 2х вариантах (дабы эксперты-мастера, давшие оценку новым пространствам, выбрали оба). Первый – экологичный, лаконичный с преобладанием синих цветов, основывается на коми орнаменте и использовании деревянных элементов в виде мебели и настенных панелей. Второе решение отличается наличием стены с ярким геометричным узором, повторяющим мотивы фирменного стиля школы, цветными колоннами, а также мебелью. В данном решении она однотипна и отличается лишь высотой. Оба варианта проектного предложения имеют обеденную зону младшей школы, старшей школы, учителей, линию раздаточной, приема грязной посуды, хранения личных вещей.

Библиотека разделена на несколько зон. Зона модульных стеллажей для книг, объем стеллажей увеличен относительно исходного количества зон хранения литературы. Также запроектированы зона отдыха, информационная зона, зона индивидуальной работы и зона коллективной работы, а также зона библиотекаря. Так как в библиотеке имеется всего один световой проем, было решено запроектировать несколько световых сценариев освещения, используя как основной свет, так и второстепенный (дополнительный).

Актовый зал выдержан в строгом стиле: торцевые стены выполнены из шпонированных акустических панелей, потолок – из голубых и белых экокоров, что позволяет создать лучшие акустические условия для зрителей. Проектом предусмотрено формирование ступеней с длинной стороны открытой сцены, что придает ей многофункциональное использование, а также запроектирована рабочая зона. На стенах предложен рисунок, являющийся отголосками паттерна калейдоскопа.

В спортзале запроектирована вертикальная поверхность для скалолазания в монохромном исполнении с применением орнамента «калейдоскоп». С противоположной стороны зала расположена тренерская и инвентарная. Проектом предусмотрено перемещение перегородки между тренерской и инвентарной с целью увеличения площади пространства для учителей физкультуры, создания более комфортных условий для них.

Тренажерные и танцевальный залы решены также в монохромном исполнении (взят серо-коричневый цвет).

Так как администрация школы не утвердила, что в данном помещении будет, тренажерный зал или мастерская, был разработан второй вариант использования помещения в виде кабинета труда для мальчиков. В этом варианте запроектировано 3 типа рабочих зон (теоритическая, практическая для коллективной и индивид работы).

В танцевальном зале запроектировано зеркало на все высоту стены, что увеличивает пространство помещения. Также применены металлические рейки с текстурным окрашиванием под дерево для потолочных и стеновых конструкций, что придает особое звучание пространству.

Интерьер кабинета психолога выдержан в спокойных тонах, соблюдены нормы цветовых сочетаний.

Кабинет для коллективных занятий и кабинет для личных разговоров выполнены с использованием модульной мебели, что позволяет создать различные условия для проведения занятий.

Разработан дизайн-проект семи учебных кабинетов для начальной школы. Они отличаются друг от друга функциональным зонированием класса: расположением, конфигурацией, характером рабочей зоны, зоны учителя, информационной зоны и зоны для отдыха, а также колористическим решением, дизайном стендов, композицией рисунка на стенах. Предложено зонирование зоны с раковиной за счет проницаемой «ширмы» из реек и матового закаленного стекла.

Для старшего и среднего звеньев предложен дизайн-проект специализированных кабинетов (география, история, технология, химия, физика, биология, информатика, русского языка, литературы). Они решены с использованием тематических стендов, материалов, оборудования.

Кабинет директора решен в пастельных бежевых тонах стен и мебели и контрастными, акцентными, темными нишами с организацией рабочей зоны, зоны отдыха и хранения. Вдоль стены с окнами расположены места для сидения, с противоположной стороны – многофункциональные шкафы.



Рисунок 3 – Рекреация начальной школы.



Рисунок 4 – Рекреация кадетского звена.

В помещении секретаря, расположенного смежно с кабинетом директора, предложена организация более комфортной среды для работы.

В учительской изменено расположение и увеличено количество рабочих мест за счет сноса перегородки, что также позволило организовать зону отдыха учителей, «кухни».

Кабинет завучей запроектирован на 4 рабочих места. Вдоль продольной стены решена зона хранения.

Материалы, используемые в дизайн-проекте: штукатурка, краска по штукатурке, коммерческий линолеум, потолок армстронг, металлические рейки с текстурным окрашиванием под дерево для потолочных и стеновых конструкций (в некоторых помещениях). Материал мебели – МДФ. Деревянные щиты использованы в качестве уменьшения визуального шума.

Современные исследования школьного пространства и архитектуры фокусируются предпочтительно на эксплуатационных качествах помещений, таких как естественный дневной свет, чистота воздуха, температура и уровень шума, влияющие на индивидуальную успеваемость, но при проектировании также необходимо учитывать действия и поведение детей, их физ., соц. И псих. Потребности. Значимость полученных результатов состоит в создании архитектуры, положительно влияющей на комфортность детей и преподавательского состава, их самочувствие во время работы и учебы в стенах школы.

Библиографический список:

1. Архитектурные средства формирования детских развивающих и образовательных пространств [Электронный ресурс]. - <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnye-sredstva-formirovaniya-detskih-razvivayuschih-i-obrazovatelnyh-prostranstv> (дата обращения 01.03.2024)

УДК 711

Объекты для сбора мусора в городе: история развития, нормы, архитектурно-художественный аспект

Рыжакова А. А.

Научный руководитель – Зуева И. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современной России поднимается запрос общества на красивую, удобную инфраструктуру, куда входят объекты по сбору мусора. Зачастую они имеют отталкивающий вид, неудобные положение, «нездоровую» структуру.

Сколько существует человек, столько с его деятельностью неразрывны отходы. Первые свалки появились еще до нашей эры. Неудобство доставляли в основном органические отходы. В Римской империи, как и на Руси, существовали выгребные ямы, содержимое которых вывозили за город, одна это было доступно лишь богатым, в остальной части города, где жили бедняки, улицы были заполнены отходами, как и в Средневековой Европе [1]. В России часть отходов стала поступать в канализации в XIX в., а до этого времени сваливалась где попало. В Европе эту проблему стали решать в XVI в., после чумы. Франциск I в 1562 г. выпустил указ, по которому мусор и нечистоты должны были собираться в корзины, опустошаемые у приезжающих со звоном мусорщиков. В Англии 1880-х гг. придумали мусорный бак, благодаря чему в XX в. ситуация с мусором стала заметно лучше (рис. 1) [2]. Как говорит историческая информация, развитие темы сбора мусора и его удаления происходило только благодаря вспышкам болезней, трагическим событиям.

Говоря о современной России, можно рассмотреть Ухту. Был проведён анализ трех районов города: Старого города, района корпусов «Л» и «К» УГТУ, район Дворца культуры. Данные районы выбраны исходя из следующих качеств: историческая (подлежащая охране) часть города, застройка 60-х гг., центральная часть города (значимое пространство Ухты). Визуально выявлено, что площадки по сбору ТКО в Ухте выполнены в едином стиле, если так можно сказать (скорее его отсутствие), в большинстве случаев с соблюдением существующих норм. Внешний вид площадок для сбора мусора: навес выполнен из зелёного поликарбоната; ограждение выполнено из зелёного профнастила; контейнеры в большинстве случаев стоят на бетонной плите. Количество контейнеров: 7, 5 (самый распространенный вариант), 4, 3 (рис. 2). Типы контейнеров: зелёные с крышкой, синие с крышкой, жёлтые для отходов вторичной переработки. Большинство площадок для сбора мусора в Ухте с 2022 г. повышает свой статус, но данные примитивные попытки как будто носят экспериментальный характер. Эстетика объектов страдает, нормативные требования выполнены условно, не важно, где площадка для сбора мусора – малый архитектурный объект находится: она везде одинаково невзрачна, малофункциональна, тяжелообслуживаема. Конечно, 3 года назад площадки выглядели еще хуже (рис. 3), но это не значит, что нужно оставлять все на своем месте.



Рисунок 1 – Размещение мусора (XVI-XIX вв.).

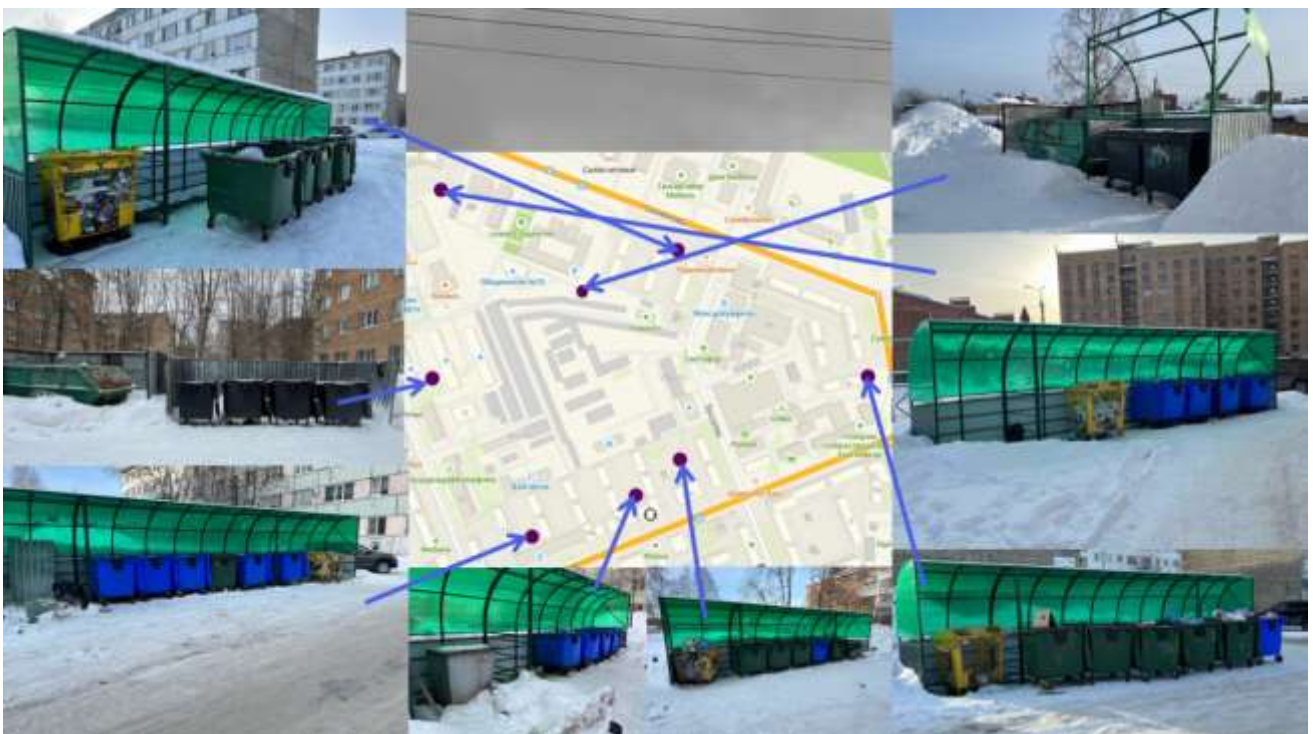


Рисунок 2 – Современное состояние площадок для сбора мусора.



Рисунок 2 – Состояния площадок для сбора мусора нач. 2020-х гг.

При определении качеств площадок для сбора мусора важны их долговечность, функциональность, доступность, просматриваемость ее территории со стороны застройки, проветриваемость, грамотное дизайнерское решение, включающее архитектурно-художественный аспект. Современные мусоросборные площадки Ухты обладают абсолютно противоположными качествами и характеристиками.

Площадка должна иметь удобное расположение на территории дворового пространства или общественной зоны, но порой ее не найти, либо она портит открывающиеся виды на окружающую среду. В вечернее время подойти к мусорным контейнерам страшно, а в весенний период невозможно. Кроме того, назрела необходимость пересмотра расположения площадки в городе. Спецтехника (мусоровозы), подъезжающая к контейнерам, перекрывает проезд, создает проблемы. Или, наоборот, автовладельцы паркуются около мусорных баков, ограничивая к ним доступ.

Дизайнерское решение изучаемого объекта отсутствует, а вопрос экологичности вкратце отмечен в нормах, про которые никто не вспоминает.

Был также проведен анализ объектов, аналогичных исследуемому (отечественный и зарубежный опыт проектирования площадок для сбора мусора). Например, в Германии стоят обыкновенные металлические баки, имеющие непривлекательный вид, но практичную крышку, защищающую от бродячих животных. В Финляндии рядом с жилыми домами устанавливают небольшие закрытые площадки с контейнерами внутри, ключи от такой площадки есть только у жильцов, что обеспечивает частность и контроль и территории, но также ее недоступность коммунальными службам. В Норвегии распространены темные баки, с плоской крышкой для смешанных отходов и с круглой для вторичной переработки мусора. Кроме того, в Норвегии внедрена система вакуумного сбора мусора из баков напрямую на сортировочный завод. Власти европейских городов стараются завлечь граждан выкидывать мусор в интерактивные разговаривающие урны и в урны в виде арт-объектов.

Можем ли мы полностью перенять их опыт – большой вопрос, так как в России регламентированы количество баков, расположение и примерный внешний вид площадок ТКО.

Таким образом, хорошая российская «мусорка» должна быть, в первую очередь, спроектирована архитектором для эстетичного вида, должна иметь не более 5 баков, включая баки для вторичных отходов, иметь ограждение территории с трех сторон высотой 1-1,2 м (возможно в виде зеленых насаждений), навес. Также расстояние от площадки ТКО до зданий и детских площадок должно быть 20-100м, что соблюдается не везде. Но это вывод, касающийся современных норм и состояния. В Ухте площадки расположены где-то ближе к детским площадкам, где-то удаленность от фасада здания составляет больше 100 м.

Наблюдения за горожанами, выбрасывающими мусор, дают противоречивую информацию. В основном горожанин, проходя мимо контейнера, быстро выбрасывает и уходит, испытывая отвращение от «прелестных» видов и запахов. Но есть и категория горожан, которые к площадке приносят вещи в хорошем состоянии, выставляют их на обзор, тем самым внося новую функцию на территории «мусорки».

Не смотря на примитивный подход к сбору мусора, актуален его отдельный сбор, что должно учитываться при проектировании и реконструкции площадок для сбора мусора.

Исследование показало, что в урбанистике современной России остро стоит вопрос внедрения объектов для сбора мусора в общественное пространство: неслучайно проводятся конкурсы, происходят изменения в области отдельного сбора мусора, проходят различные акции относительно его сбора. Назрела необходимость сочетания площадок для сбора мусора, как малой архитектурной формы, одного из элементов пространственной среды с окружающей архитектурой и элементами благоустройства.

В зависимости от расположения площадок для сбора мусора в структуре города должно меняться ее архитектурно-художественное решение, функциональное наполнение, что будет сделано автором статьи в будущем.

Библиографический список:

1. «Зеленая правда» общероссийское общественное движение зеленых [Электронный ресурс]. - <https://greentruth.ru/ecology/gryaznaya-istoriya-ili-chto-delali-s-musorom-v-raznye-vremena/> (дата обращения 20.02.2024);
2. Мусорная история: как появились мусорки [Электронный ресурс]. - <https://dzen.ru/a/ZEUgP0QM7gpiveJQ> (дата обращения 01.03.2024)

УДК 747

Соучаствующее исследование школьного пространства: на примере школы №2 имени Налимова в Вильгорте

Овчинникова Ю. С.

Научный руководитель – Коптяев Д. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Подход соучаствующего проектирования включает в себя вовлечение в процесс проектирования обитателей среды (жителей, местных сообществ, заинтересованных в проекте сторон) к созданию и благоустройству территорий.

Такой метод позволяет разработать эффективный проект. Новые или обновленные общественные пространства получаются более удобными, а также они служат дольше и эффективнее, если жители принимали непосредственное участие в их создании.

Это дает возможность не только сформировать комфортное пространство, которое будет соответствовать потребностям общества, но и свести к возможному минимуму экономические риски.

Подход соучаствующего проектирования впервые был применен в 1960-е годы. Несмотря на широкое использование соучастия успех имело в основном в жилом строительстве.

Одними из основоположников метода можно считать Генри Саннофф, Ральфа Эрскина, Льюсена Кролля и др. Эта концепция участия фокусируется на человеке в проектах и представляет

архитектора не как лицо, принимающее решения, а как посредника, что предполагало прямые контакты с будущими пользователями проекта с целью определения их желаний и озабоченностей.

Так бельгийский архитектор Люсьен Кролл отстаивал идею архитектуры, построенной не столько «для», сколько «с» людьми. На протяжении всей своей карьеры Кролл выступал против индустриализации жилищного строительства и продвигал архитектуру, максимально адаптированную к само выраженным потребностям жителей, даже когда существовали противоречия и трудности в общении. Данное исследование проводилось в процессе большой работы всероссийского конкурса «Школы мечты». Одним из первых этапов проектирования нашей команды стало соучаствующее исследование.

В ходе Федерального проекта «Школа мечты» одним из этапов проектирования было соучаствующее исследование, проводимое в школе №2 имени Налимова в Вьльгорте.

Перед командой стояли две основные задачи на данном этапе: 1) вовлечение в процесс обустройства школьной среды ее обитателей; 2) получение адресной информации от учеников и учителей.

Использовались следующие приемы исследования: фотофиксация проблемных зон/мест; эмоциональная оценка пространства; сказкотворение; портрет школы – карта мыслей; социологический опрос (школьники, учителя, родители).

При эмоциональной оценке учащимися пространств школы (рис. 2) выявлены достоинства и недостатки. Данный прием проводился в игровой форме, где детям выдавались стикеры разных цветов, которые они расклеили на стенах школы (коридоры, рекреации, лестницы, спортивные залы, вестибюль и др.).

На основе результатов эмоциональной оценки учеников была собрана температурная карта школы (рис. 3). Несмотря на обилие красного цвета, в рекреациях было достаточно много противоречивых зон, которые имели, как положительные, так и отрицательные стороны. Но обилие красного цвета на планах констатирует факт о необходимости изменений в данных зонах, поддерживая результаты фотофиксации.

Прием сказкотворения был использован при работе с учащимися 4 классов. Из-за возраста данному типу опрашиваемых было предложено изобразить их школу мечты на листе бумаги в виде рисунка.

Данный метод дал достаточно субъективный результат, который в будущем был оставлен, хотя ученики в целом проявили заинтересованность к этой работе. Так же они проявили свою оригинальность и чувство юмора (создание бассейна и джакузи в классе, выдача денег за учебу).

Прием – портрет эссе позволил выявить локальные достоинства и недостатки, которые ученики 6 класса изложили в эссе.

Подобный прием также был проведен и с учителями, где в основном были высказаны пожелания по улучшению учебных кабинетов и рекреационных зон.

По завершении всех этапов исследования было проведено обобщение результатов, потребностей опрашиваемых на основе пирамиды Маслоу (рис.4).

Как выяснилось, разные участники процесса видят среду школы по-разному.

В основном ученики сообщали о материальных потребностях – это низшие уровни пирамиды, которые говорят о желании закрыть базовые потребности человека вовремя внеучебного процесса, в основном об обеспечении комфортного досуга и быта.

У учителей была выявлена немного иная закономерность. Большой акцент был поставлен на обеспечение образовательного процесса, что закрывает верхние ступени пирамиды потребностей.

Результаты опроса родителей учащихся схожи с результатами учеников. Прослеживается тенденция улучшения материальной среды для их детей, создание благоприятной безопасной среды для учащихся.

Ситуация с результатами может быть трактована следующим образом: ученики считают себя временными обитателями, для них комфортная и удобная среда важнее содержания. Также их родители, как бывшие обитатели среды, хотят улучшить материальную школьную среду – чтобы их детям было хорошо. В то время как учителя – постоянные обитатели наполнение среды видят иначе, для них важнее творческие и познавательные, духовные, эстетические, социальные потребности.



СТОЛОВАЯ

Плохое покрытие пола
Старая мебель



УЧЕБНЫЙ КЛАСС

Плохое покрытие пола
Недостаточное освещение
Недостаточно мест для хранения



АКТОВЫЙ ЗАЛ

Недостаточно мест для хранения
Нет кулис



РЕКРЕАЦИЯ

Недостаточное освещение
Нет мест для отдыха
Плохое покрытие пола



ДЕФИЦИТ И НЕДОСТАТОЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ЗОН ХРАНЕНИЯ

Рисунок 1 – Фотофиксация проблемных зон/мест школы №2.

Целевая аудитория: 4, 6 и 10 класс

Время проведения: 40 минут

Количество участников:

4 класс – 22 ученика

6 класс – 28 учеников

10 класс – 10 учеников

Исследуемые пространства школы:

лестницы

спортзал

туалеты

коридоры

гардероб

вестибюль

рекреации

актовый зал

спортзал

Маркеры/индикаторы эмоциональной оценки пространства:

■ – ГНЕВ

■ – НЕДОУМЕНИЕ

■ – ОПАСНОСТЬ

■ – ОДОБРЕНИЕ

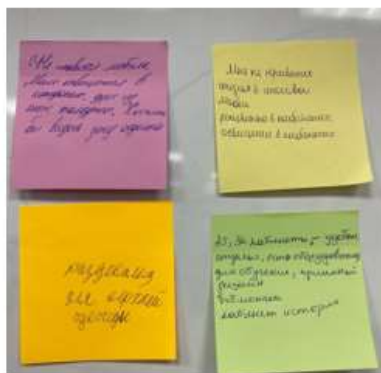


Рисунок 2 – Эмоциональная оценка учащимися пространств школы.

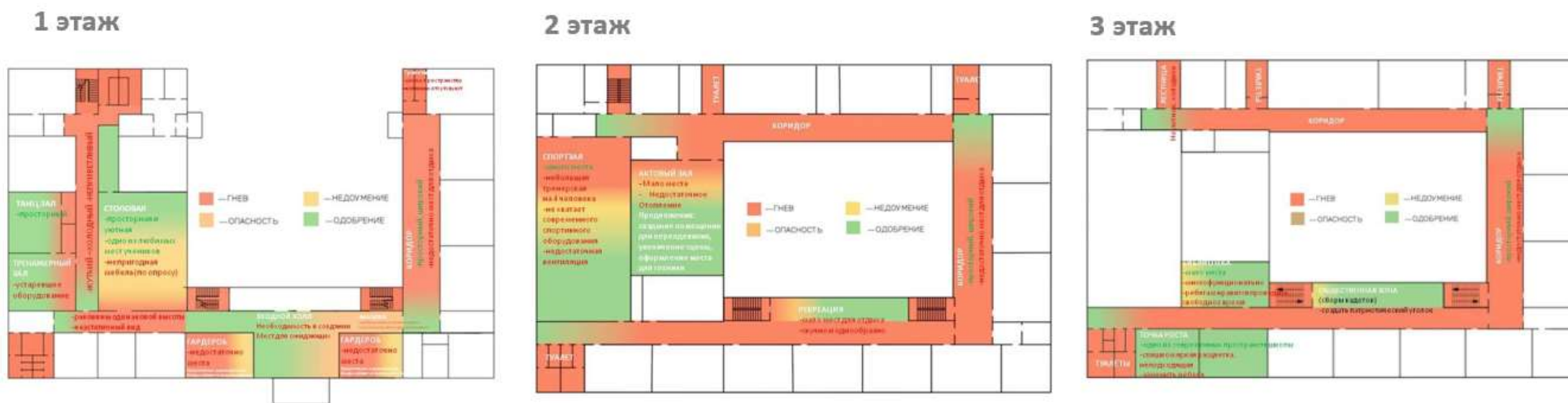


Рисунок 3 – Создание температурной карты школы по эмоциям обучающихся.



Рисунок 4 – Обобщение результатов исследования потребностей учеников.

Проведенное исследование дало результаты, на которые не рассчитывала команда, занимающаяся дизайн-проектом для школы: не было объективного и эффективного процесса соучастия, особой адресной информации студенты-архитекторы не получили. Школа имени В. П. Налимова в глазах ее обитателей не имела никаких достоинств, а требуемые изменения в большей степени оказались обыденными. Далеко не во всех аспектах удалось достичь желаемого результата при исследовании, люди зачастую сами не понимают, чего хотят, либо боятся говорить о том, что думают и чувствуют.

К сожалению, команда столкнулась с рядом проблем: в основном это была неслаженная работа с администрацией школы, безучастность опрашиваемых («Пропал урок...Вы раньше это делали? Мы уже отправляли информацию директору...»), временные ограничения, территориальная удаленность школы от вуза, в котором обучаются студенты, работающие над дизайн-проектом, – все это дало сложности в дальнейшем проектировании.

Но команда вынесла и позитивный опыт из такой работы – опыт проектирования, приближение к действительности в рамках профессиональной деятельности. Осознание того, что пространство создается для определенной группы людей, которые действительно будут пользователями этой среды (в отличие от учебных проектов) накладывает дополнительную ответственность.

В завершении всех этапов соучаствующего исследования, на основе полученной информации начался этап эскизирования и проектирования.

УДК 747

Концепция дизайна школьной среды

Томилова В. А.

Научный руководитель – Коптяев Д. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Существует распространенное мнение, что дизайн заключается в оформлении пространства за счет мелких проработанных деталей, главным образом, затрагивающим вертикальные (стены, перегородки) и горизонтальные (пол, потолок) поверхности помещения и современную мебель.

Профессиональные дизайнеры, проектировщики считают, что детское образовательное пространство должно нравиться его обитателям, отражать методики обучения; способствовать формированию доброжелательной и дружелюбной атмосферы. В тоже время пространство должно обладать такими параметрами, как эргономичность, эффективность, обеспеченность.

Работа над концепцией начинается со знакомства со школой: ее историей, современным состоянием, ее ценностями. Данная работа имеет непосредственное влияние на формирование концепции. Также при разработке концепции рассматривается будущее школы, возможные изменения, внедрение инновационных технологий, изучаемых предметов, особенностей преподавания и т.д.

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Вьльгортская средняя общеобразовательная школа № 2» имени В. П. Налимова была **открыта 1 сентября 1988 года**. Обучающихся было 1800 человек на 1176 учебных мест. Первый директор – **Оплеснин Николай Михайлович**, работал с 1988 по 1990 годы. С 1990 по 1995 годы – **Полина Галина Аркадьевна**. С 1995 года и по настоящее время директором является **Торлопова Римма Степановна**. С начала открытия действует **школьная библиотека**. **1 сентября 2018 года открылся второй корпус** здания Вьльгортской школы № 2 им. В. П. Налимова, где разместились начальные классы. **В 2021 году к школе присоединено Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Вьльгортская начальная общеобразовательная школа»**. **26 октября 2001 года школе было присвоено имя Василия Петровича Налимова**, уроженца села Вьльгорт, выдающегося учёного, знаменитого этнографа, общественного деятеля. Школа работает по общеобразовательной программе

(учебная линия и комплектация Н. Ф. Виноградовой). На этапе основной школы **практикуется предпрофессиональная подготовка** учащихся. Школа активно сотрудничает с КРАПТ-ом, на базе которого школьники проходят элективный курс «Автоматизация и механизация сельского хозяйства». Старшеклассники проходят углублённое изучение профильных предметов по нескольким направлениям, цель – более чёткое определение с выбором профессии. **6 мая 2005 года при школе был открыт музей**, в котором собран материал об истории образования школы, заслуженных учителях школы, истории Сыктывдинского района, информация о выдающихся деятелях искусства. В музее действуют экспозиции: «Коми игрушка», «Декоративно-прикладное искусство», «Христианский храм села». В музее постоянно **проводятся экскурсии** по темам: «Жемчужины Сыктывдина», «Коми игрушка», «Традиционное жилище коми», «Быт коми народа», «Налимов В. П.», «Государственные символы». С 2016 года действует школьное телевидение. Материалы транслируются по школьным телевизорам. **Весной 2021 года запущено радиовещание**. 1 сентября 2018 года в школе создано кадетское движение. Набор осуществляется в 5 кадетский класс из выпускников начальной школы на конкурсной основе. В 2021 году кадетскому движению при Вьльгортской школе № 2 присвоено имя Станислава Целина, погибшего в Чечне, и установлена мемориальная доска герою. С 2015 года в школе реализуется такое направление, как «**Техническое творчество. Робототехника**». Большое внимание уделяется информатизации образовательного процесса (компьютеры, проекторы, выход в интернет и др.). Накануне нового учебного 2019-2020 года на базе Вьльгортской школы № 2 им. В. Налимова был открыт современный центр дообразования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста», площадка детского технического парка «Кванториум». В школе действуют различные **спортивные секции**: волейбол, футбол, баскетбол, военно-спортивного направления. Организована работа **спортивно-туристического клуба «Азимут»**. При школе работает **ОБС-класс** (обучение правильному дыханию), психолог, логопед.

Богатая жизнь школы обязывает придать ее пространствам особое звучание и решение.

Выявлены группы особенностей школы № 2 имени В. П. Налимова, максимально отраженные в концепции дизайн-проекта:

- музей истории образования школы (с 2005 г.);
- школьное телевидение (с 2016 г.);
- радиовещание (с 2021 г.)
- центр дообразования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста» (с 2019 г.);
- площадка детского технического парка «Кванториум»;
- сотрудничество с Коми республиканским агропромышленным техникумом им. Н. В. Оплеснина;
- кадетское движение: 5-9 класс (с 2018 г.);
- спортивные секции: волейбол, футбол, баскетбол, военно-спортивное направление, спортивно-туристический клуб «Азимут»;
- работа с детьми-инвалидами, детьми с ограниченными возможностями здоровья;

Школа в Вьльгорте, не смотря на типовой проект, индивидуальна. У нее есть своя судьба и особенности. 26 октября 2001 года школе было присвоено имя Василия Петровича Налимова, уроженца села Вьльгорт и ученика этой школы, выдающегося ученого, знаменитого этнографа, общественного деятеля, который занимался изучением коми края, включая легенды и мифы коми народа.

Одним из таких мифов является миф о Шонды (о солнце на коми-пермяцком и коми-зырянском языках). По представлениям народа Коми, Шонды был самым большим огнём на небосводе по сравнению со звёздами. Солнце – это светлый оберег, оно защищает жизнь, греет и согревает своим теплом, и является защитой от нечистой силы (рис. 1).

Шонды – начало всего, его влияние способствовало образованию калейдоскопа, который проявляется в интерьере и экстерьере школы им. Налимова. Шонды в интерьерах «раскрасил» поверхности в виде калейдоскопа – «зырянской радуги» (рис. 2).

1 ПОЛОЖЕНИЕ.

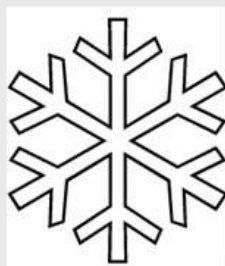
Основа концепции это – Шонды, солнце на коми.



ОРНАМЕНТ СОЛНЦЕ



ЗВЕЗДОЧКА



СНЕЖИНКА



ИСКРА



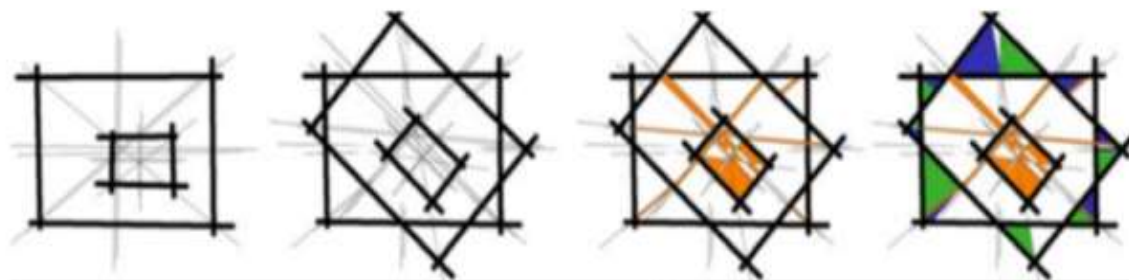
Зарань – дочь Солнца



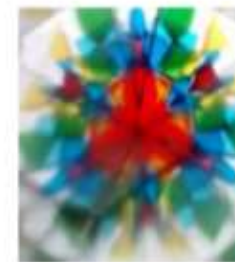
Северное сияние

Коми легенда гласит, что северное сияние появляется, когда божество Ен показывает людям своё небесное жилище.

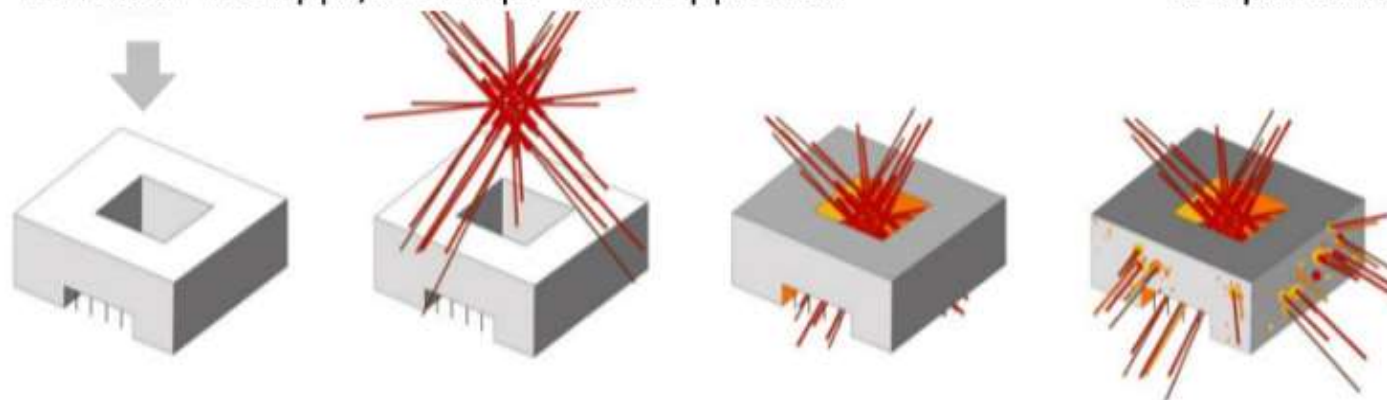
Рисунок 1 – Первый этап формирования концепции.



ШКОЛА + ШОНДЫ/СОЛНЦЕ = КАЛЕЙДОСКОП



«Зырянская радуга им. В. П. Налимова»



....Уже проходит садом.
В окошки,
в двери,
в щель войдя,
валилась солнца масса....

Рисунок 2 – Формирование «зырянской радуги им. В. П. Налимова»

Целью концепции является формирование детской образовательной среды школы средствами архитектуры и дизайна с учетом трех содержательных аспектов:

1) самобытность (аутентичность) – учет особенностей «биографии» школы, прошедшей достойный путь (с 1988 года) для обретения самобытности и уникальности. Цель была материализовать возраст школы, наложить отпечаток, что важно типовой школы. Через прожитые годы школа должна обрести своё лицо, так как была долго обезличена.

2) идентичность (соотнесенность) – учет истории и культуры коми земли: традиций, событий и явлений прошлого, выступающих в качестве содержательной основы для преемственного развития школы в контексте культуры; школа находится на месте с богатой историей, в коми культуре.

3) современность – учет и следование современным тенденциям, моде, требованиям и приоритетным программам формирования и развития школьной среды; А также востребовано пожелания учителей, родителей и учеников.

Через оконные проемы лучи от Шонды – солнечные зайчики, причудливые формы, калейдоскоп брызг, лучи-шаги, блики и другие результаты «ввалившейся солнца-массы» определяют художественные ключи дизайна интерьеров и экстерьеров школы, согласованные с пространством Культуры. Многоголосие тем представляются желанным результатом в интерьерах, а возможный диссонанс выражения отдельных тем ни в коем разе не противоречит, а вторит аппликативной природе Культуры, транслируемой средой школы.

Не мало важное значение имеет патриотическое воспитание школьников. Поэтому дополнение концепции цветами коми флага вносит колористическую специфику в дизайн-проект, что можно увидеть на концептуальном разрезе. Каждый этаж имеет доминирующий цвет стен. Трактовка цветов следующая:

1. Синий – небесное начало, величие и бескрайность северных просторов.
2. Зеленый – леса коми Пармы, северное сияние, символ надежды и изобилия.
3. Белый – белизна и чистота снега, суровая красота природы, географическое

положение на Европейском севере России.

Школа имени Налимова предназначена для детей с ограниченными возможностями здоровья, поэтому дизайн помещений, предназначенных для них, отличается более спокойной цветовой гаммой.

Кроме того, концепция архитектурно-интерьерных решений во многом ограничивается существующими нормативными документами.

Также взята в разработку световая концепция школы. Актовый зал оснащен различными режимами освещения для выделения светом разные зоны помещения.

Калейдоскоп представляет надежды, желания, требования людей – разнообразие, единство «непохожих», соединение учебного и внеучебного процессов.

УДК 72.02

Мастерская «Школа мечты»

Оленич Г. С.

Научный руководитель – Зуева И. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В рамках Федерального проекта «Школа мечты» на ВДНХ 19-22 февраля состоялась Мастерская, целью которой стали экскурсии по лучшим школьным пространствам и три дня глубокого погружения в работу с Мастерами.

С 2022 года реализуется масштабная Федеральная программа капитального ремонта школ «Модернизация школьных систем образования». Миссия проекта заключается в повышении качества капремонта за счет вовлечения студентов вузов в подготовку эскизных дизайн-проектов. Также предполагается, что будущие архитекторы и дизайнеры смогут лично контролировать реализацию проектов.

Команда студентов-архитекторов УГТУ (г. Ухта) начала работу над проектом 15 декабря 2023 года. В процессе долгой работы было проведено несколько основных этапов:

1) соучаствующее исследование в Школе №2 им. В. П. Налимова (с. Вильгорт), что позволило привлечь во внимание мнения и комментарии администрации, педагогов и учеников, а также подсветило недостатки и проблемные места школьного пространства;

2) защита эскизного варианта перед администрацией школы, высказывание пожеланий и внесение правок;

3) процесс работы с Мастерами в ходе акселератора на ВДНХ, проведение разборов со всеми участниками мастерской;

4) завершающий этап работы – разработка проекта современного образовательного пространства, школьной среды, отвечающей запросу учеников и учителей, индивидуальный подход к дизайну школы;

5) следующий этап – защита проекта на региональном уровне и реализация капитального ремонта.

Цель Мастерской – экспертная оценка и акселерация подготовленных студенческими командами эскизных дизайн-проектов для школ, вошедших в Президентскую программу капитального ремонта. Формирование «технического задания» на доработку проектов с учётом обратной связи от менторов и ведущих отраслевых экспертов. В рамках Мастерской «Школа мечты» будет организована серия мастер-классов от ведущих федеральных экспертов, а также практическая работа студентов над их проектами в авторских Мастерских с наставниками проекта «Школа мечты» [1].

Программа мастерской:

- 19 февраля – экскурсии по школам Москвы для участников акселератора;

- 20-21 февраля – 10:00-20:00 – очная акселерационная программа на ВДНХ (57 павильон);

- 22 февраля – экскурсии для участников по Выставке – форуму «Россия» ВДНХ; подведение итогов программы.

Представители от команды УГТУ посетили экскурсию в Международную гимназию Сколково (рис. 1).

Гимназия «Сколково» – воплощение всех инновационных идей в сфере образования на практике. Открытие состоялось 1 сентября 2017 года. Гимназия изначально проектировалась не как школа, но при этом получила необычные дизайнерские решения. Впечатляет современным и нетипичным подходом. Большое пространство атриума воплощает сразу несколько функций, за счет мобильности и трансформации здесь могут проходить как линейки, так и крупное торжество, праздники, выставки. Раздвижные ширмы способствуют увеличению пространства.

Образовательный процесс отличается от типовых школ: в гимназии нет звонков, а перемены у разных классов в определенное время. Это позволяет уменьшить нагрузку, рассредоточить одновременную наполняемость общих пространств школы (столовая, атриум, рекреации).

Поскольку данная гимназия изначально проектировалась как досуговый центр, полноценного кабинета для учителей в ней так и не появилось, педагоги сами признаются: «Как голуби, где сели, там и работаем». Было решено использовать балкон второго этажа (выходит на атриум) как открытое рабочее пространство.

Местами притяжения детей можно назвать просторный атриум, инновационную библиотеку, зоны отдыха по периметру школы, мастерскую для творчества. Интересно решение с использованием стен для граффити, это показатель свободы ребенка, самовыражения на стенах родной школы, но в пределах ограниченного участка.

Все помещения построены по одному принципу: проницаемость, открытость, коммуникации. В такой среде дети чувствуют себя комфортно, как «дома». Все исследования, проекты демонстрируют пройденный путь, вывешиваются на стендах, досках, материальное выставляют на стеллажи, что приучает учеников к доступности информации и выполненным трудам, свободе выбора. Гимназия – место проведения постоянных выставок, она транслирует работы и гордится своими студентами. На входе в гимназию можно увидеть стенд, посвященный выпускникам и их заслугам, многие из которых продолжают свое обучение в зарубежных университетах.



Рисунок 1 – Экскурсия в гимназию Сколково.

Второй день начался с открытия мастерской и знакомства с архитекторами и дизайнерами. К каждой команде по жребию присоединялся Мастер (Мастером нашей команды стала Анна Кузнецова – куратор и спикер лекций Федерального проекта Школа мечты), после чего участники приступили к рассказу о своих проектах, в течение 10 минут нужно было рассказать о проведенных этапах исследования и представить эскизный дизайн-проект. За одним столом находилось от 3 до 5 команд, по завершении обсуждений была составлена общая презентация с волнующими, нерешенными вопросами. Следующим этапом стало слово мастерам: обсуждение презентаций всеми участниками, поиск решений. По завершении дня выдавалась «домашка».

Третий день (21 февраля) начался с большого разбора участниками «домашки» в виде слайд шоу (рис.2). Мастера и студенты предлагали возможные решения возникших проблемных зон. Например, для зоны хранения спортивного инвентаря в спортзале было предложено использовать мертвые зоны углов помещения, в зону гардероба – поместить практичные локеры под места для сидения, что позволит сэкономить пространство и добавить функционал.

Была проведена серия мастер-классов:

– Чек-лист: что нужно знать и помнить при проектировании школьного пространства. Спикер – Елена Аксенова, ведущий архитектор «ED ARCHITECTURE».

– Все про СНиП и СанПиН. Как с этим жить и работать?! Спикер – Анна Букина, руководитель направления СКБ, ГК «ПИК».

В завершении дня была получена обратная связь от участников акселератора Школа мечты и выдано новое задание домашним командам.



Рисунок 2 – Работа на акселераторе «Школа мечты» (20-21 февраля).

Четвертый день (22 февраля) был завершающим для Мастерской «Школа мечты» (рис.3). В рамках стратегической сессии о развитии проекта было проведено живое общение со

всеми участниками, студентами и кураторами, задавали вопросы и получали ответы. Интересным знакомством стала встреча «Креативный город» – презентация возможностей цифровой платформы-партнера Федерального конкурса студенческих дизайн-проектов образовательных пространств «Школа мечты».

Наша команда получила диплом в номинации «За идею дизайна, создающего комфорт». Также были вручены электронные дипломы об участии в акселераторе «Школы мечты».



Рисунок 3 – Работа на акселераторе «Школа мечты» (22 февраля).

Подводя итоги Мастерской, можно выделить как положительные, так и отрицательные стороны. К плюсам поездки можно отнести:

- 1) Участие в масштабном мероприятии, новый опыт и знания.
- 2) Возможность поработать с ведущими дизайнерами и архитекторами, высказывание своего мнения и работа в команде.
- 3) Посещение гимназии Сколково, знакомство с современной школой и инновационными пространствами учебной среды.

К недостаткам можно отнести:

- 1) Ограниченное время работы над своим проектом.
- 2) Непродуманная организация мероприятия.
- 3) Хотелось бы больше времени на работу с мастером, и возможность поработать с другими архитекторами и дизайнерами.

В целом, участие в мероприятии оказалось очень значимым, получен интересный опыт, были преодолены определенные страхи, а поездка получилась вдохновляющей и запоминающейся.

Библиографический список:

1. Мастерская Школа мечты [Электронный ресурс]. - <https://школамечты.рф/> (дата обращения: 15.03.2024)

УДК 712.4

Анализ уровня озеленения территорий города Ухты

Видзон М. А.

Научный руководитель – Михайленко Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В статье рассматривается вопрос уровня озеленения территорий города Ухты. Отражены результаты исследования городской территории по разным функциональным зонам. Произведено сравнение полученных результатов с нормативными показателями. На основе анализа сделаны выводы и рекомендации.

Целью работы является изучение нормирования озеленения городских территорий, анализ и оценка соответствия структуры озеленения г. Ухты нормативным значениям.

Озеленение городских территорий играет большую роль в жизни горожан. Растения выполняют несколько функций: эстетическую, защитную, рекреационную. Объекты озеленения помогают очищать воздух от пыли и загрязнений, формировать мягкий микроклимат, защищают почву. Островки живой природы позволяют укрепить психологическое здоровье горожан, являются частью архитектурного облика города и помогают зонировать пространство.

Общая площадь города Ухты составляет 13 200 кв. км.

Общественные объекты озеленения в городе Ухте в основном расположены в центральной части города и на территории исторической застройки. Районы города, находящиеся на периферии имеют разрозненное озеленение. Некоторые жилые районы совсем не имеют территорий озеленения общего назначения.

На территории города округа имеются большие массивы лесов и памятников природы. Это Детский парк, Парк культуры и отдыха и т.д. Лесные массивы расположены в основном в юго-западной части территории населенного пункта.

Для анализа мы выделили три основных функциональных категории озелененных территорий города [1]:

- общего пользования – общегородские и районные парки, специализированные парки; городские сады и сады жилых районов; межквартальные сады; сады при группе жилых домов; скверы на площадях; бульвары;

- ограниченного пользования, в том числе:

- территории жилых комплексов (районов и микрорайонов),

- участки детских учреждений, школ, вузов, техникумов, культурно-просветительных учреждений, спортивных сооружений, учреждений здравоохранения;

- территории промышленных предприятий;

- специального назначения – озелененные территории, связанные с защитой жилых районов от неблагоприятных воздействий, защитные зоны между промышленными объектами и жилой территорией; участки магистралей, улиц; территории кладбищ, питомники.

При работе мы полагались на статистическими данными с портала Администрации муниципального округа г. Ухта. А также при оценке в качестве опорного документа использовали Генеральный план Муниципального образования города Ухта и Схему планируемого озеленения территории города (приведена на рисунке 1) [2].

Для оценки существующей системы озеленения города Ухты мы провели измерение площадей объектов озеленения. Для точного измерения площадей озеленения применяли спутниковые снимки с Геопортала Республики Коми. Пример выполнения замеров территории озеленения приведен на рисунке 2.

Основополагающими документами, регламентирующими нормы озеленения городских территорий являются Региональные нормы градостроительного проектирования Республики Коми, СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.» и СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий», СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [1,3,4].

Мы приняли следующие нормы озеленения:

Согласно [3] основной нормируемый параметр – площадь озеленения общего пользования принимается по [1] и составляет 7 м² на человека, площадь озеленения территорий жилых комплексов – 6 м² на человека.

Минимальный процент озеленения территорий объектов образования и просвещения должен составлять 50 % от площади учреждения [3].

Долю озеленения промышленных предприятий следует принимать не менее 20% от территории предприятия [4].

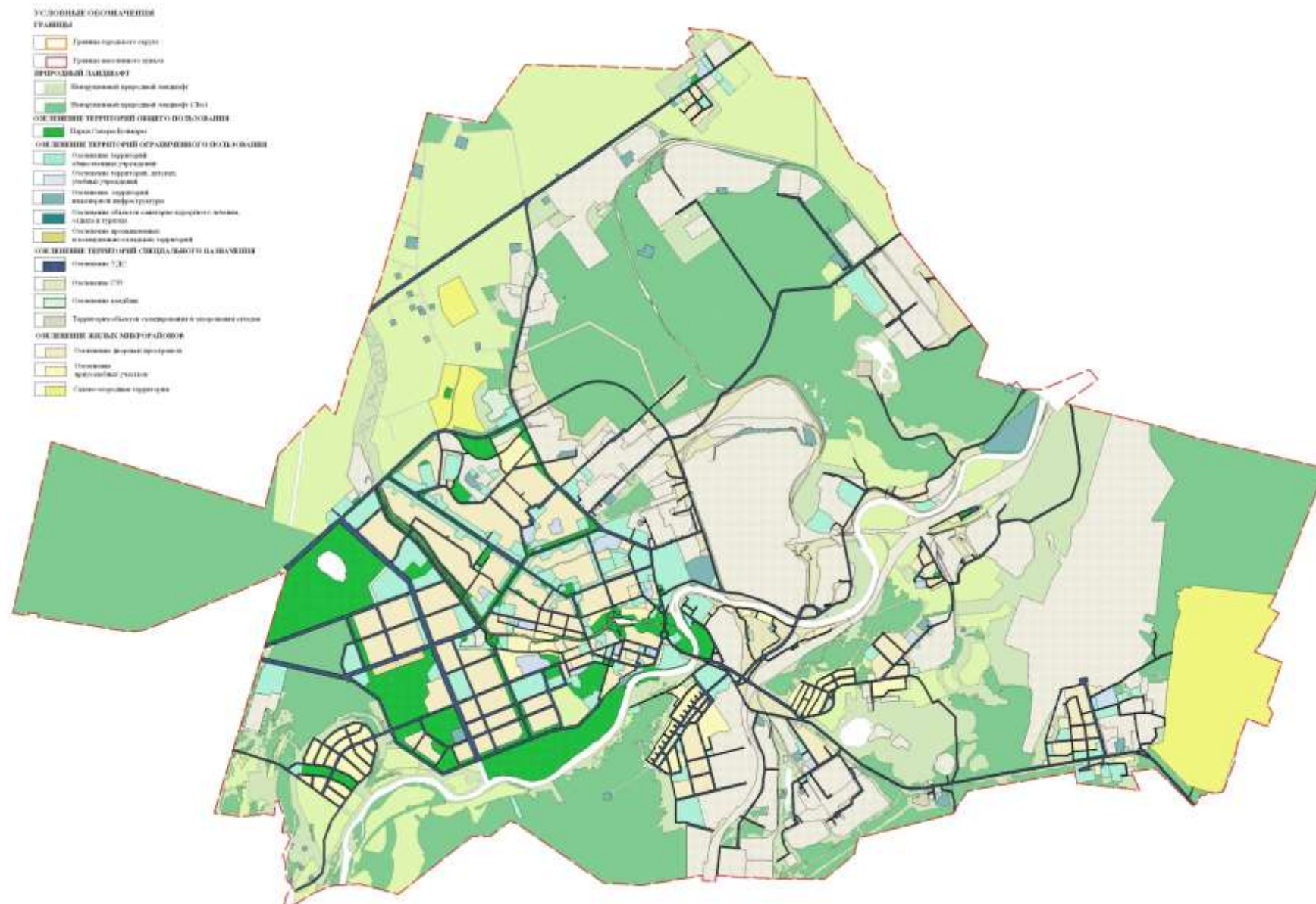


Рисунок 1 Схема планируемого озеленения территории города Ухты.



Рисунок 2 Пример выполнения замеров территории озеленения.

Минимальная площадь озеленения санитарно-защитных зон следует принимать в зависимости от класса опасности предприятия [4].

Со стороны жилых и общественно-деловых зон необходимо предусматривать полосу древесно-кустарниковых насаждений шириной не менее 50 метров [4].

Уровень озелененности территорий специального назначения должен составлять не менее 20% от общей площади города [3].

В соответствии с принятыми нормами сравнительный анализ полученных значений фактически измеренных площадей озеленения с нормативными, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ полученных значений площадей озеленения с нормативными.

Параметр	Численное значение	Нормативный показатель	Соответствие нормативным показателям
Численность населения, чел.	79 899	-	-
Площадь города, км ²	13 200	-	-
Плотность населения, чел. м ²	11	-	-
Площадь озелененных территорий общего пользования, м ²	569 685	7 м ² на человека	7,1 м ²
Площадь озеленения территории ограниченного пользования (м ²), в том числе:			
– территории жилых комплексов (районов и микрорайонов)	923 246	6 м ² на человека	11,5 м ²
– участки детских учреждений, школ, вузов, техникумов, культурно-просветительных учреждений, спортивных сооружений, учреждений здравоохранения	10281609	не менее 50 % от территорий учреждений	68 %
– территории промышленных предприятий	205722	20 % от площади предприятия	5%
Площадь озеленения специального назначения, м ²	1453072	не менее 20 % от общей территории	0,01%

Выводы: при сравнении мы выяснили, что площадь территории общего назначения и жилых комплексов соответствуют нормативным значениями и даже превышают его. Также частично выполняются нормы для территорий ограниченного пользования. А для промышленных предприятий озеленение намного меньше нормативного показателя, а так же отсутствуют защитные насаждения на границе с селитебной территорией.

Территории специального назначения сильно меньше существующих норм.

Существующая система зеленых насаждений города имеет следующие недостатки:

- отсутствует единая система зеленого каркаса города, насаждения разрознены неравномерно по городской территории;
- городские зеленые насаждения однообразные и малоэстетичны, кустарники в озеленении используются крайне редко;
- состояние газонных покрытий характеризуется негативными изменениями: из-за отсутствия должного ухода более 50% составляют сорные травы, газоны вытоптаны и заняты автомобилями;
- полосы защитных насаждений расположены в один ряд, составляют небольшую ширину, которая способна лишь незначительно снизить уровень загазованности, запыленности и шума.
- озеленение дворовых территорий находится на качественно низком уровне.

К положительным сторонам системы озеленения города можно отнести:

- массовое проведение работ по озеленению территории в последние годы (Набережная газовиков, сквер Прядунова, реконструкция Детского парка).
- локальное воссоздание цветочных клумб, которые придают городу красочный внешний вид в летний период.

Таким образом, мы выяснили, что несмотря на то, что по формальным признакам объем озеленённых территорий в целом соответствует нормативным показателям – качество этих территорий остается очень плохим и имеет низкую экологическую ценность.

Предложения к улучшению:

Как мы выяснили основной проблемой является отсутствие защитных полос на границе зон предприятий и городской территории. А также низкий уровень озеленения специального назначения. Учитывая, что для данных категорий застройка уже исторически сложилась и изменить планировку не возможно, то единственным предложением может быть – поддержание и улучшение состояния уже существующих зеленых зон.

- По проспекту Космонавтов предлагаем провести реконструкцию озеленения и создание прогулочной зоны. Предлагаем благоустройство сквера по улице Октябрьская, реконструкцию сквера напротив автовокзала, создание скверов по улице Севастопольской, благоустройство территорий лесного массива в юго-западной части города.
- Хорошим вариантом озеленения улиц может стать устройство наклонных газонов в подпорных стенках.

Библиографический список:

1. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Изменениями N 1, 2) М.: Стандартинформ, 2019. 99 с.
2. Генеральный план. Муниципального образования городского округа «Ухта». Материалы по обоснованию генерального плана: в 2т. Омск : ООО «ИТП «Град», 2013. Т.1 264 с.
3. Приказ Минстроя Республики Коми от 30.06.2020 N 268-ОД (ред. от 26.12.2022) "Об утверждении Региональных нормативов градостроительного проектирования Республики Коми" // Министр А. Некрасов. 2020. 50 с.
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». М. : Минздрав России. 2008. 36 с.

УДК 624.92.01/07

Система внутреннего подогрева промышленных площадок в районе приравненных к Крайнему Северу

Иванов Г. С.

Научный руководитель - Киборт И. Д.

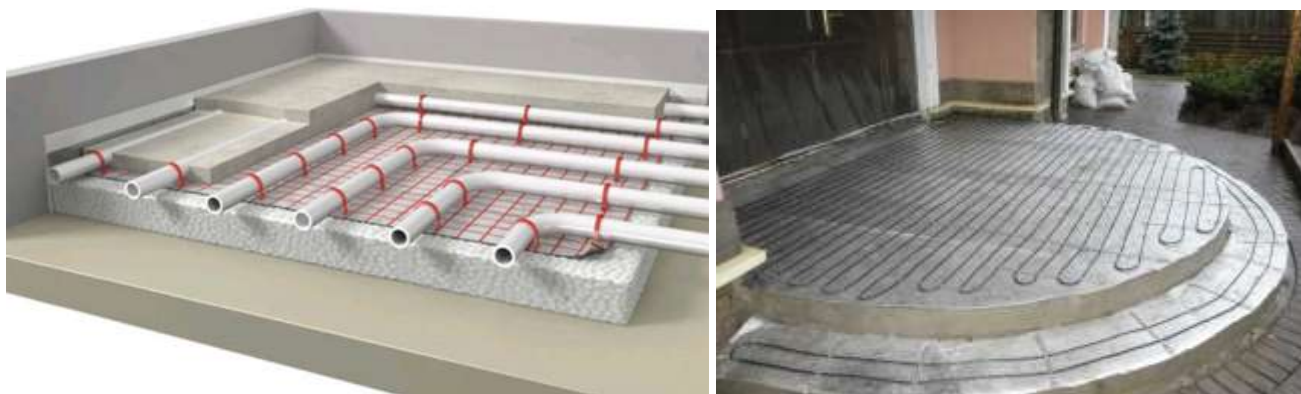
Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Ежегодно в зимнее время с дорожного покрытия на утилизацию вывозятся миллионы кубометров снега, на уборке задействовано тысячи спецтехники и самосвалов, расходуется на эти цели миллиарды рублей. [1]

В связи с непредсказуемостью погодных условий затраты на уборку снега после снегопадов оказываются довольно велики. Затраты выражаются как в денежных ресурсах, так и в человеческих трудозатратах, возникают ежегодно, и трудно предсказать какое количество снега выпадет. Зачастую, приходится убирать снег вручную. В других случаях, когда работы предусмотрены графиком и имеют определенную периодичность, достаточно технических средств для уборки, но неизбежно возникают временные промежутки, когда участки дорог (площадок, тротуаров) оказываются недоступными для безопасного передвижения. Очистка территории от снега занимает определенное время и происходит участками, предусмотренными

маршрутами движения техники. Из-за неравномерности поступления автосамосвалов на снегосвалки возникают значительные простои в ожидании разгрузки. Кроме того, от стоящих в очереди автосамосвалов происходит сильное загрязнение воздуха выхлопными газами, что влияет сильно на экологию. В результате простоев автосамосвалов простаивает и снегоуборочная техника. Для того чтобы предотвратить ситуацию простоя в очистке снега, используют систему снеготаяния.

Системы снеготаяния бывают на основе змеевика с циркулирующим теплоносителем, либо электрическими. В электрических системах источником тепла является электрический нагревательный кабель, который при асфальтировании (бетонировании) укладывается в тело дорожного полотна. На концах дорожного покрытия остаются кабельные выпуски для последующего присоединения к системе управления и контроля. Технология устройства системы с жидким теплоносителем аналогична электрической с учётом замены кабеля на гибкие водопроводящие трубки. Источником тепла в данном случае будет являться не электрическая энергия, а постоянно циркулирующий теплоноситель (антифриз). Несомненным преимуществом системы гидравлической над электрической является более низкая стоимость эксплуатационных затрат. В работе [2] в результате расчетов технико-экономических показателей в сравнении вариантов использования системы снеготаяния, где вариант первый - система снеготаяния с теплоносителем-антифризом, является экономически эффективнее варианта номер два - электрической системы снеготаяния. По результатам расчета первый вариант почти на 30% эффективнее. (Рисунок 1)



а) с жидким теплоносителем,

б) с электрическим кабелем

Рисунок 1 – Системы снеготаяния.

Типичными представителями стран северного региона являются Финляндия, Швеция, Венгрия, Германия, Канада и США.

В Финляндии, с целью оптимального расходования средств на зимнее содержание все автомобильные дороги разделены на пять классов обслуживания в зависимости от интенсивности движения:

- Is – > 6000 авт./сут.;
- I – 3000-6000 авт./сут.;
- Ib – 1000-3000 авт./сут.;
- II – 20-1000 авт./сут.;
- III - < 200 авт./сут.

Дороги Is, I и Ib класса обслуживания содержат с использованием химических противогололедных материалов, чаще всего с применением хлористого натрия, а дороги класса II и III обслуживания содержат в уплотнённом снежном покрове и с использованием фрикционных материалов для повышения коэффициента сцепления.

В Японии г. Саппоро выпадает до 5 м снега в год. Город на зимнее содержание дорог тратит до 200 млн дол/год. Для борьбы со снегом город стал применять технологию обогрева дорог, основанную на тепле термальных источников. В городе также имеется гигантский подземный снеготаяльный комплекс, где перерабатывается около 10% снега.

Современные транспортные нагрузки на дороги в зимний период требуют постоянного ухода за дорожным полотном. Зачастую зимнюю уборку улиц и магистралей в крупных городах можно рассматривать как ликвидацию последствий стихийного бедствия. Сильный снегопад и гололедные явления способны привести город к состоянию коллапса, когда автомобильные «пробки» образуются на всех дорогах и даже специальный транспорт не в состоянии достичь места назначения. [3]

Исследования различных стран показывают, что применение разнообразных технологий для поддержания тепла на дорожных покрытиях и пешеходных тротуарах является более экономически выгодным и эффективным подходом, чем использование традиционных методов уборки снега с привлечением ручного труда, специализированной техники и химических веществ. [4] Система снеготаяния даёт возможность обеспечивать безопасность: работникам, непосредственно выполняющим свой функционал на промышленных (специализированных) площадках, жителям городов, наземному и воздушному транспорту в холодное время года. Вышеуказанная система помогает избавиться от гололеда и грязи, создать безопасные условия труда, увеличить сцепление поверхности подошвы обуви с дорожным покрытием, сократить затраты на эксплуатацию специализированной техники, снизить расходные материалы и рабочую силу для уборки территории от снега, дольше сохранять как целостность дорожного покрытия, за счет минимизации химического и механического воздействий на его поверхность, так и отсутствие замерзшей воды в швах и трещинах.

Кроме неоспоримых достоинств, система подогрева дорожного полотна имеет еще один плюс. Несмотря на высокую стоимость на этапе строительства, такие дороги имеют больший срок службы. Циркуляция теплоносителя в объеме дорожного покрытия при наличии снежного покрова исключает потребность в механическом воздействии на поверхность, которая приводит к появлению выбоин, раковин и вымыванию строительного материала. Так же регулярный прогрев дорожного покрытия уменьшает воздействие низких температур, которое при периодическом (циклическом) промерзании и оттаивании в течение холодного периода приводит к образованию дефектов на обычном дорожном покрытии. В таком случае следует учитывать, что положительная температура поверхности дорожного покрытия будет заставляя застилающий её снег таять и вода постоянно, будет воздействовать на капиллярно-пористую структуру, поэтому необходимо предусмотреть увеличение гидрофобности материала, из которого изготовлено дорожное покрытие. Ко всему прочему использование солей или противогололедных реагентов со временем приводит к разъеданию поверхности дорожного покрытия (промышленных площадок, тротуаров и т.п.) и загрязняют грунтовые воды.

Дорожное полотно по основному виду покрытия, учитывая только капитальный тип дорожной одежды, разделяется по своему составу на цементобетонные монолитные, железобетонные или армобетонные сборные и асфальтобетонные. Система снеготаяния подходит для любого перечисленного вида покрытия. Её применение поможет предотвратить появление трещин, что является частой причиной ремонта или полной замены дорожной одежды. Для максимальной эффективности работы системы снеготаяния рекомендуется улучшить состав смеси, используемой для изготовления дорожного полотна, путем введения специальных добавок. В данном контексте примером таких добавок может служить нефтешлам. Использование нефтешлама в составе бетонной смеси для производства цементобетонного монолитного дорожного покрытия может решить проблему предрасположенности к образованию трещин и низкой морозостойкости. (Рисунок 2) Исходя из физико-химических свойств нефтешлама, можно предположить, что при добавлении его в бетонную смесь можно увеличить прочность на сжатие, гидрофобность, стойкость к трещинообразованию.

Нефтешлам является следствием образования шламовых амбаров после бурения, нефтяных разливов, произошедшие в результате аварийных ситуаций. Нефтепромышленные (НПО) отходы оказывают огромную экологическую нагрузку на окружающую среду, но в то же время являются ценным сырьем, выведенным из коммерческого оборота предприятий.



Рисунок 2 – Эксперимент по влиянию прогрева бетона на трещинообразование.

В нефтегазовой отрасли применяются физические, химические, химико-физические, биологические и термические методы. Термический метод нейтрализации нефтешлама считается наиболее эффективным. Исследования, выполненные в Гипроморнефтегазе, показали, что при концентрации обычного необожженного шлама в морской воде выше 0,5 г/л делает среду обитания для организмов опасной. Прокаливание шлама при температуре 300°С снижает в 10 раз токсичность шлама, а при 500 °С обезвреживает полностью.

Грунтобетонные смеси, содержащие, помимо грунта и бетона, нефтешлам, известь, различные отходы производства минерального масла, искусственного каучука имеют повышенную прочность, наименьшее водопоглощение и невысокую стоимость дорожного покрытия.

Отходы переработки нефтяного шлама в составе добавки в бетон повышают биостойкость и коррозионную стойкость модифицированной добавки пластификатора.

Одним из путей повышения физико-механических характеристик цементных бетонов является использование ультра и нанодисперсных минеральных добавок. Для получения таких добавок используются различные способы и материалы. Шлам, обработанный суперпластификатором, в мелкозернистых бетонах увеличивает их прочность.

Анализируя литературные источники по тематике использования нефтешламовых отходов, экспериментальных данных, в частности проводимые ООО «ЛУКОЙЛ-Запад», приходим к выводу, что универсального состава с использованием продуктов переработки нефтешламов нет, так как отходы переработки нефтешламов по физико-химическому составу различны и обусловлено это, прежде всего, строением земной коры и температурой, при которой происходит переработка. В работе «Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки» исследовано влияние температурной обработки на прочностные характеристики.

Например, автор монографии [5] полагает, что велико различие группового и фракционного состава битумов и нефтешламов, это не позволяет использовать нефтешлам в замен битума.

Разработан метод применения нефтеотходов для получения продуктов в форме листов с последующим их использованием в качестве элементов конструкции при строительстве и гидроизоляции полигонов по захоронению бытовых и нефтяных отходов. Метод основан на добавление в отход золы уноса, 10 %-ной водной эмульсии гидрофобизирующей жидкости, цемента, нефтесодержащих отходов и воды.

Нефтешлам может использоваться в производстве теплоизоляционного материала, включая высокотемпературное волокно, огнеупорную глину и полиакриламид. Использование нефтешлама возможно в составе шихты при производстве фасадной плитки, а также при изготовлении минераловатных плит.

По результатам ряда исследований в нефтешламах соотношение нефтепродуктов, воды и механических примесей (частицы песка, глины, ржавчины) колеблется в очень широких пределах: углеводороды составляют 5–90 %, вода 1–52 %, твёрдые примеси 0,8–65 %. Основу механических примесей составляют окислы железа – 50–80 % с включением кварцевого песка и смолистых отложений. Плотность нефтешламов колеблется в пределах 830–1700 кг/м³.

По результатам проверки прочности на сжатие и на изгиб определен наилучший отход нефтешлама, который можно использовать в качестве добавки. Так как бетон неэффективно работает на изгиб, его дополнительно армируют. Экспериментальным путем выявлено, что добавка нефтешлама, полученная методом инсинирации, увеличивает прочность на изгиб по сравнению со стандартным образцом на 15,72 %. Прочность на сжатие увеличивается на 4 %. После 90 суток твердения прочность на сжатие увеличилась 23,36%, а на изгиб 22,96%.

Библиографический список:

1. Телушкина Е.К. Организационно-экономические методы повышения эффективности функционирования транспортно-технологического комплекса уборки и утилизации снега: Дис. канд. эконом. наук. – М., 2013.
2. Герлинг С.А. Разработка системы снеготаяния в г. Санкт-Петербург: Выпускная квалификационная работа магистра: - Ухта., 2019.
3. Голбек С.К. Уплотнение мокрого снега на автомобильных дорогах / С.К. Голбек, под ред. А.П. Васильева – М.: Транспорт, 1986.
4. Корецкий, В. Е. Зарубежный опыт зимнего содержания дорожных покрытий [Текст] / В. Е. Корецкий // Чистый город. - 2002. - № 4 (окт.-дек.).
5. Мазлова Е. А. Разработка комплекса природоохранных технологий обезвреживания отходов предприятий нефтеперерабатывающей отрасли: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – М., 2002.

УДК 72.012.6

«Лицо» общеобразовательной школы имени В. П. Налимова в Выльгорте

Борисова В. В.

Научный руководитель – Зуева И. Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящей статье в рамках общей проблемы формирования среды общеобразовательной школы имени В. П. Налимова в Выльгорте автор предлагает идеи решения фасадов школы как одного из средств, формирующих ее новое «лицо» в аспекте современности, идентичности и самобытности.

Детство, будучи особым, уникальным и неповторимым периодом в жизни каждого человека, отвечающим за взрослое будущее, предъявляет соответствующие требования и к организации материально-пространственной среды своего бытования. Одним из «холстов», на который набрасывает свои этюды детство, выступает фасад школы: фасад выражающий, встречающий, говорящий и т.п. «Лицо» школы – это ее фасад. Именно фасад несет в себе черты и атрибуты функционального содержания, художественно-стилистической принадлежности, а также отвечает за трансляцию социо-культурных смыслов и выражение информационного потенциала.

Существующее внешнее убранство здания школы имени В. П. Налимова характерно времени создания (рис. 1), но не характерно месту создания, истории и культуре прошлого коми народа. На сегодняшний день фасад в плохом состоянии. Он серый, скучный и безликий. Фасад типовой школы представлен серыми панелями, без выявления входной группы и каких-либо акцентов. Стены школы нуждаются в утеплении.

Обзор технологий организации фасадов и фасадных систем позволил не только раскрыть их технические особенности, но и осознать влияние каждой на содержание и смыслы, тем самым раскрывая художественные возможности каждой.

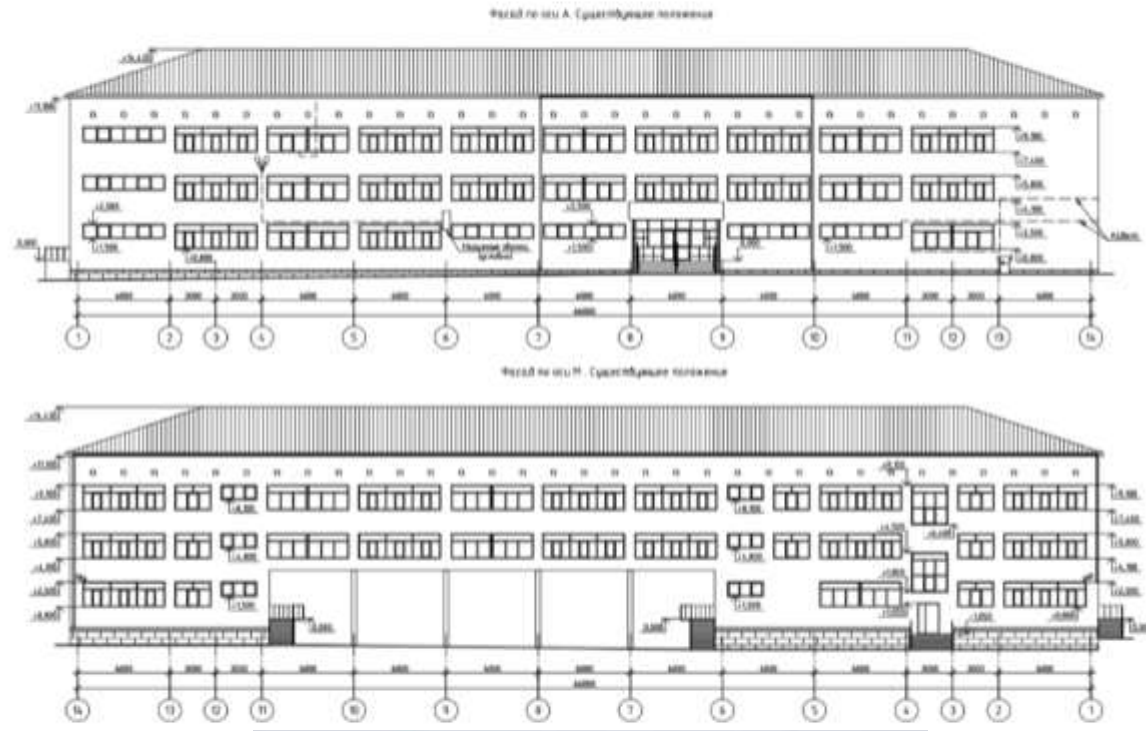


Рисунок 1 – Проектное изображение фасада типовой школы и современное состояние.

Одним из вариантов решения фасадов является их утепление с нанесением штукатурки и последующим окрашиванием. Штукатурка – это слой затвердевшего штукатурного раствора, нанесённого в пластичном состоянии на поверхность в несколько этапов с уплотнением и сглаживанием. Свойства и возможности штукатурки:

- выравнивает поверхность стен;
- служит дополнительным теплоизолятором фасада;
- может быть паропроницаемой, то есть поверхность под ней «дышит», и, в тоже время, очень прочной и иметь отличные гидроизолирующие характеристики;
- открывает широчайшие возможности для декорирования стен.

Имеется два основных вида росписи по штукатурке: фреска и альсекко.

Фреска представляет собой живопись по сырой штукатурке водяными красками. Для создания рисунка нужна специальная пластичная масса из гашеной извести, песка, кирпичной пыли. В идеале в такую смесь добавляются измельченные льняные нити или пенка – в таком случае картина на стене будет более долговечной, не растрескается и не станет крошиться. Фреска на эластичной декоративной штукатурке – это уникальный материал. Она создана для декора зон, где надёжность и долговечность материала ставятся наравне, а порой и выше, художественной ценности.

Альсекко – это роспись красками по сухой штукатурке. Для данной методики применяются особые краски на основе клея, воды, сырых яиц. Они позволяют получить стойкое изображение, которое не повреждается от воздействия неблагоприятных факторов.

Вентилируемый фасад (навесной) – это конструкция внешней отделки зданий, при установке которой организуется зазор между материалом отделки фасада и остальными слоями внешних стен. По этому зазору циркулирует воздух, который постоянно содержит стены в сухости и не дает собираться конденсату. По этой причине технология получила название «вентилируемый фасад». Вентфасад состоит из подсистемы, которая представляет собой несущий каркас, обычно из вертикальных направляющих (профилей), на которые крепится облицовочный материал. В качестве утеплителя в вентилируемых фасадах применяются негорючие минераловатные плиты или плиты из штапельного стекловолокна.. Ветровлагозащитная пленка или мембрана нужна для защиты утеплителя. Вентиляционный зазор – это промежуток между материалами, где свободно циркулирует воздух. Широкая цветовая гамма облицовочных материалов позволяет создать дизайн фасада школы на любой вкус. Возможна облицовка керамогранитом, клинкерной плиткой, фиброцементным сайдингом и плитами, металлокассетами, алюминиевыми или композитными панелями, терракотовой керамикой.

Далее приведены отдельные идеи для решения фасадов школы, основанные на обозначенных выше позициях и технологиях.

Идея № 1. Разработан паттерн (узор), связанный с Коми местностью и природой (рис. 2). Узор состоит из нескольких блоков: «солнце», «реки», «воздух», «деревья». Данные блоки могут соединяться в различных комбинациях. Поскольку Коми – север, за основу взяты белый и оттенки синего, напоминающие небеса и снег. Вертикальные полосы разной толщины также относятся к природе, напоминая стволы деревьев, лес.

Идея № 2 (рис. 3). Фасад вдохновлен Коми легендой о паме Шипиче, про которую В. П. Налимов написал этнографическое обозрение. Небольшой отрывок из легенды: «Однажды, после победы над новгородцами, пам, с гордостью и радостью на лице, вышел из своего жилища и сказал: «Мне подвластны стихии природы, мне послушен ветер, вода по моему повелению изменяет течение; она шумит, кружась, охватывает врагов и отдаёт их на жертву вам... Я достиг спокойствия среди зырян; нет более стонов, раздирающих мой слух, нет новгородцев, и зыряне спокойно могут жить и наблюдать жизнь природы».

Идея № 3. Яркий и солнечный вариант для школы (рис. 4), напоминающий Солнце (Шонді). Применение коми орнамента, а именно символа Солнца, отсылает к местности, где расположена школа. Вертикальные линии желтого и оранжевого цвета символизируют солнечные лучи.

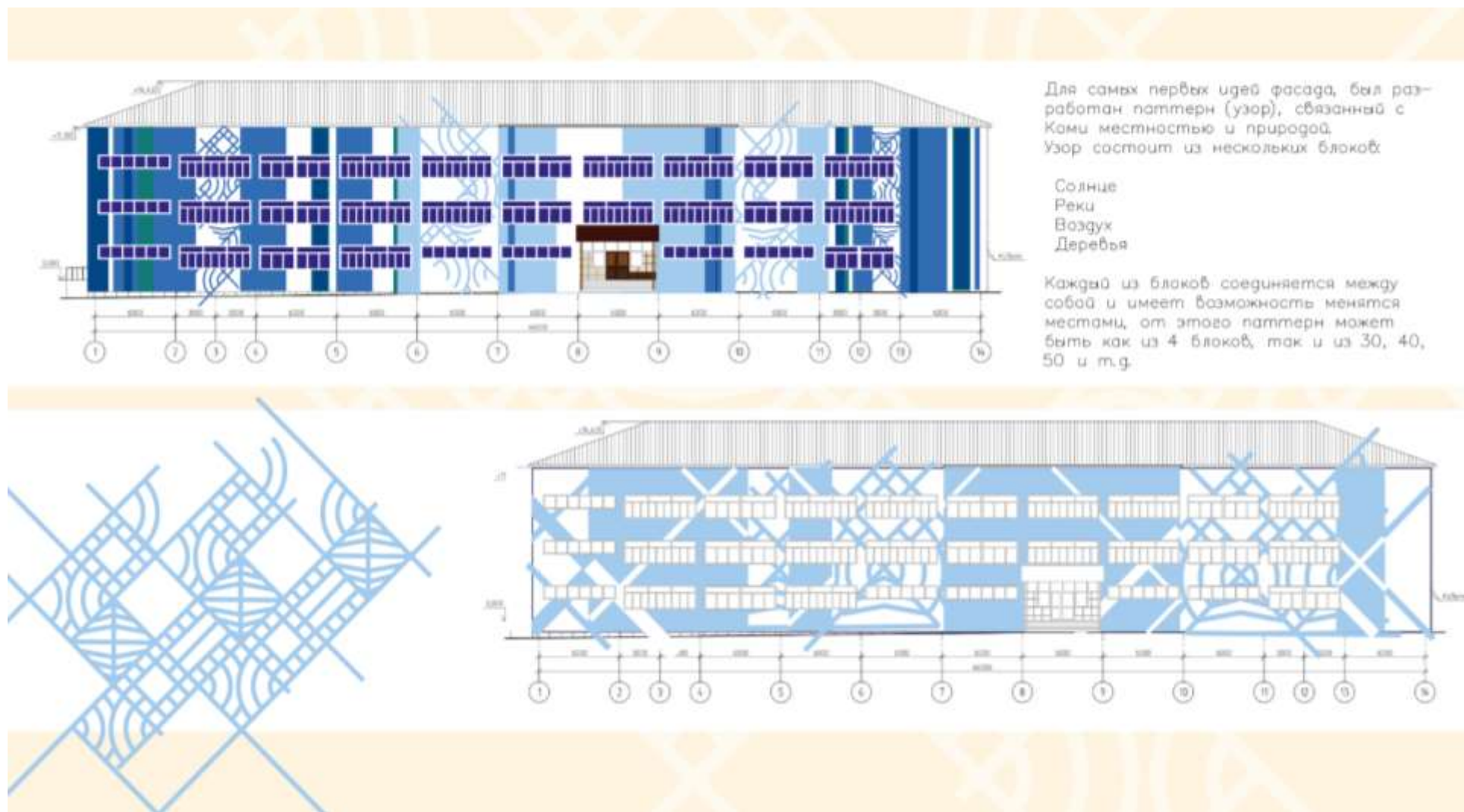


Рисунок 2 – Вариант фасада на основе графических паттернов.

ПАМ ШИПИЧ



Рисунок 3 – Вариант фасада, вдохновленный зырянской легендой о паме Шипиче.

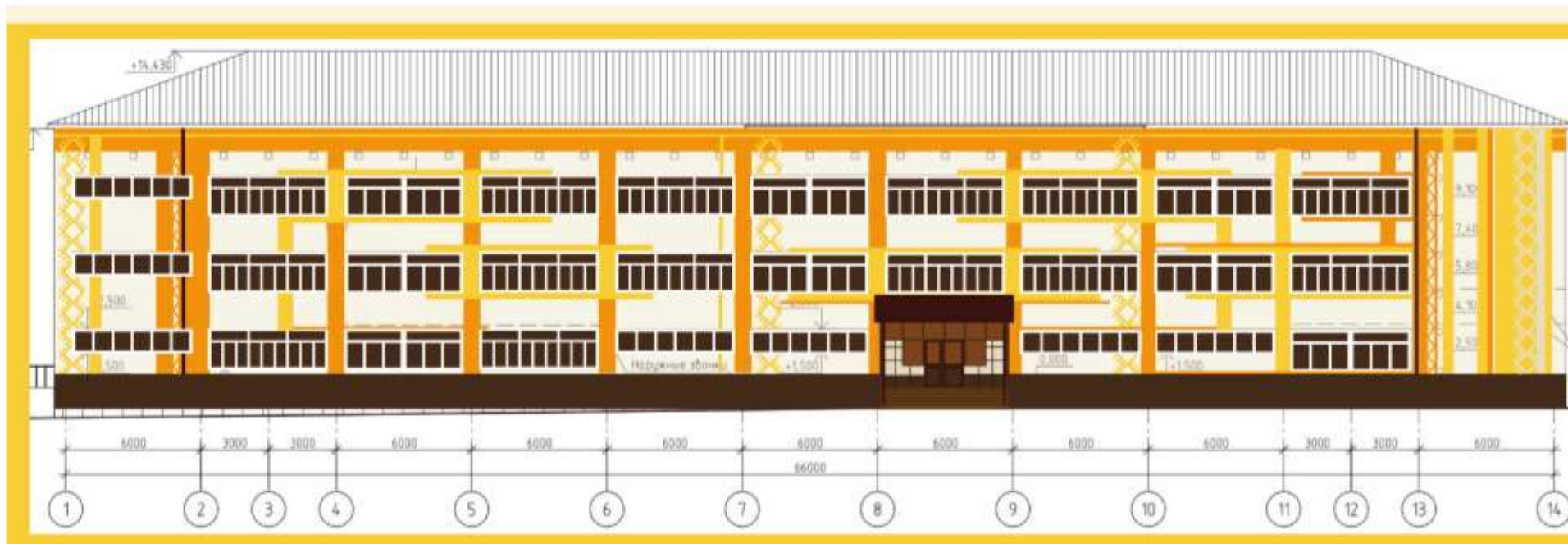


Рисунок 4 – Вариант «солнечного» фасада.



Рисунок 5 – Вариант фасада на тему природы Коми края.

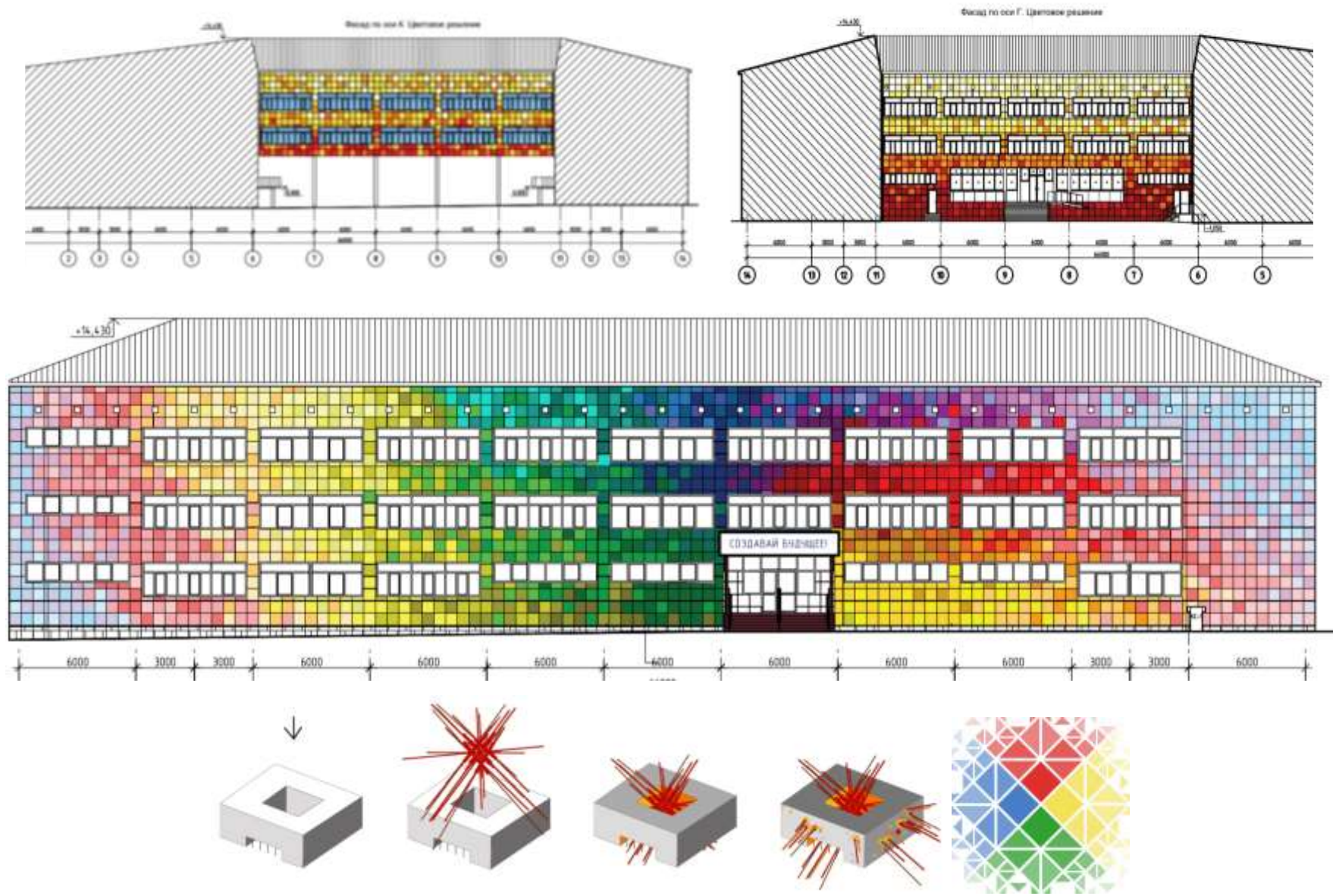


Рисунок 6 – Варианты дворового и главного фасадов, реализующих идею солнца – Шонды и радуги; диаграмма дизайн-концепции и «калейдоскоп – зырянская радуга».

Идея № 4. Главной идеей фасада является Коми природа (рис. 5). Из плитки выложен узор, он символизирует небо, северные ели и снег под ними. Школа расположена вне города, среди деревьев, поэтому хорошо вписывается в местную среду. Цвета тоже взяты не просто так, они являются оттенками цветов Коми флага и располагаются в том же порядке.

Идея № 5. Следуя общей концепции был разработан дворовой фасад (рис. 6). Концепцией является миф о Шонды. В данном фасаде применяется идея калейдоскопа. Калейдоскопа смыслов и мыслей в пространстве школы. Сам фасад переливается из одного цвета в другой, закручиваясь и символизируя радугу.

Приведенные идеи фасада школы не являются исчерпывающими, однако позволяют наметить контуры обретения школой (изначально построенной по типовому проекту) собственного «лица», вбирающего в себя символы современности, знаки самобытности и смыслы социокультурной идентичности.

УДК 504.06+338

Анализ потенциала источников энергии для тепловых насосов

Элдышев А. Ю.

Научный руководитель – Михайленко Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В сегодняшних условиях актуальной является проблема обеспечения теплоснабжением потребителей экономичным и эффективным источником тепла. Это связано с одной стороны с постоянным удорожанием традиционных источников энергии, постепенным переходом к децентрализованным системам теплоснабжения, достаточным удалением некоторых потребителей от централизованных систем теплоснабжения, повышением требований к экологичности процесса теплофикации. Одной из энергоэффективных технологий является применение тепловых насосов.

Общий принцип работы теплового насоса заключается в извлечении тепла из низкотемпературного источника и преобразовании его в полезную тепловую энергию. Конечно, для обеспечения этого «неестественного» тепла необходима дополнительная энергия (рисунок 1).

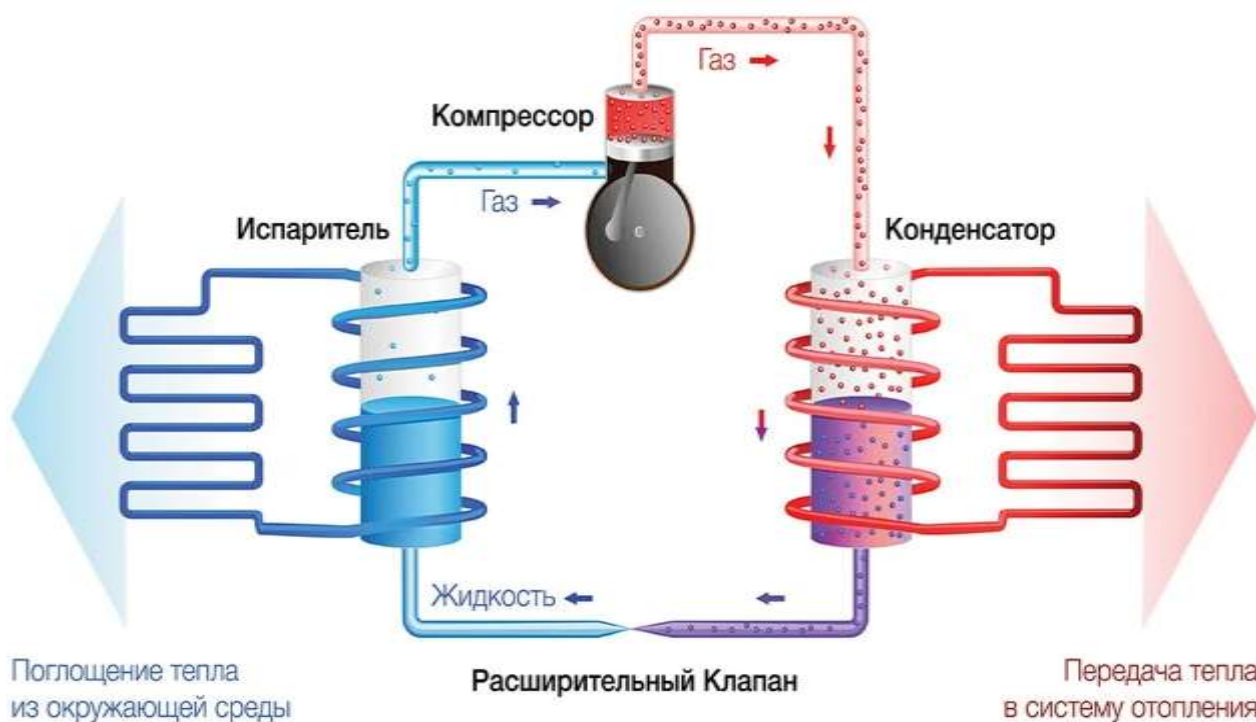


Рисунок 1. – Общий принцип работы теплового насоса.

Эта рабочая энергия может быть механическая энергия (например, компрессионные тепловые насосы) или тепловая энергия (например, абсорбционные тепловые насосы).

Выходная мощность значительно превышает дополнительно затраченную энергию, необходимую для привода теплового насоса. Таким образом, тепловой насос имеет важное значение в энергосберегающей деятельности.

Тепловой насос может преобразовывать энергию следующие возобновляемые источники тепла:

- окружающий воздух;
- грунтовые, геотермальные и поверхностные воды;
- почва;
- солнечная радиация;
- хозяйственной деятельности, например, тепло канализационных стоков.

В соответствии с этой классификацией был проведен более детальный анализ, чтобы определить, как и когда эти возобновляемые источники могут быть полезны и эффективны в российских условиях. Так как основным условием преобразования энергии в тепловом насосе является постоянная температура источника не менее +5°C.

В большинстве случаев возможность применения связана с климатическими характеристиками региона.

Большая часть территорий страны лежит в умеренном поясе, северные материковые районы – в арктическом и субарктическом поясах, Черноморское побережье России расположено в субтропическом поясе (таблица 1).

Таблица 1. Климатические характеристики России.

Климатический пояс	Территория	Характеристика	Продолжительность отопительного периода, сутки
Арктический	Острова СЛО и его побережье	Холодные арктические воздушные массы, зимой t до -50°C , летом - t до $+4^{\circ}\text{C}$. Облачная погода, осадков до 300 мм/год, в основном в виде снега.	330
Субарктический	Районы за северным полярным кругом, в Восточной Сибири до 60 широты	Летом влажные воздушные массы умеренных широт, зимой – арктические воздушные массы, зимой t до -40°C , летом - t до $+14^{\circ}\text{C}$. Характерны циклоны, осадков до 600 мм/год, в основном в виде снега.	280
Умеренный	Европейская часть России	Большое влияние Атлантических воздушных масс и западного переноса, вторгаются Арктические воздушные массы, зимой – арктические воздушные массы, зимой t до -18°C , летом - t до $+22^{\circ}\text{C}$. Осадков до 800 мм/год, в основном в виде снега.	210

Таким образом большая часть страны характеризуется длительным зимним периодом с низкими минимальными температурами, низким уровнем солнечной радиации с высокой долей рассеянного излучения.

Следовательно применение источников энергии (атмосферный воздух и солнечная радиация), которые очень жестко связаны с климатическими условиями, очень ограничено.

Рассмотрим почву и грунтовые воды как источник энергии. Системы сбора низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли, в общем случае, включает в себя грунтовый теплообменник, а также подающий и обратный трубопроводы, которые соединяют грунтовый теплообменник с тепловым насосом или промежуточным теплообменником. Кроме основной функции отбора тепла, грунтовые теплообменники выполнять функцию накопления тепла в массиве грунта.[1]

Как правило, выделяют два вида системы сбора низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли:

- открытые системы (источником низкопотенциального тепла являются грунтовые воды, которые подводятся к теплообменникам тепловых насосов или промежуточным теплообменникам);

- закрытые системы (источником низкопотенциального тепла являются непосредственно сам грунт и/или грунтовые воды. Отбор тепла происходит по средствам циркуляции теплоносителя в трубах грунтового теплообменника и переносит его в испаритель теплового насоса).

Главным достоинством таких систем является возможность получения большего количества тепла, при низких капитальных затратах. Однако, качество грунтовых вод не всегда удовлетворяет требованиям к качеству воды для теплообменного оборудования, что влечет за собой большие затраты на обслуживание скважин и теплообменного оборудования.

Основные требования к грунту и грунтовым водам:

- высокая водопроницаемость грунтовых пород, позволяющая пополнять запасы воды;
- химический состав воды, удовлетворяющий требованиям к качеству воды для теплообменного оборудования для предотвращения коррозии и появления отложений на стенках трубопроводов и внутренних поверхностей теплообменников.

Закрытые системы подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальный грунтовый теплообменник (рисунок 2) располагается рядом с домом на небольшой глубине, но не выше глубины промерзания грунта. Использование горизонтальных грунтовых теплообменников возможно только при больших площадях имеющегося участка. Основным источником тепла на глубине, где располагается грунтовый теплообменник, является теплопоступления от солнечной радиации. Поэтому наружная поверхность грунта над горизонтальным грунтовым теплообменником не должна находиться в тени.

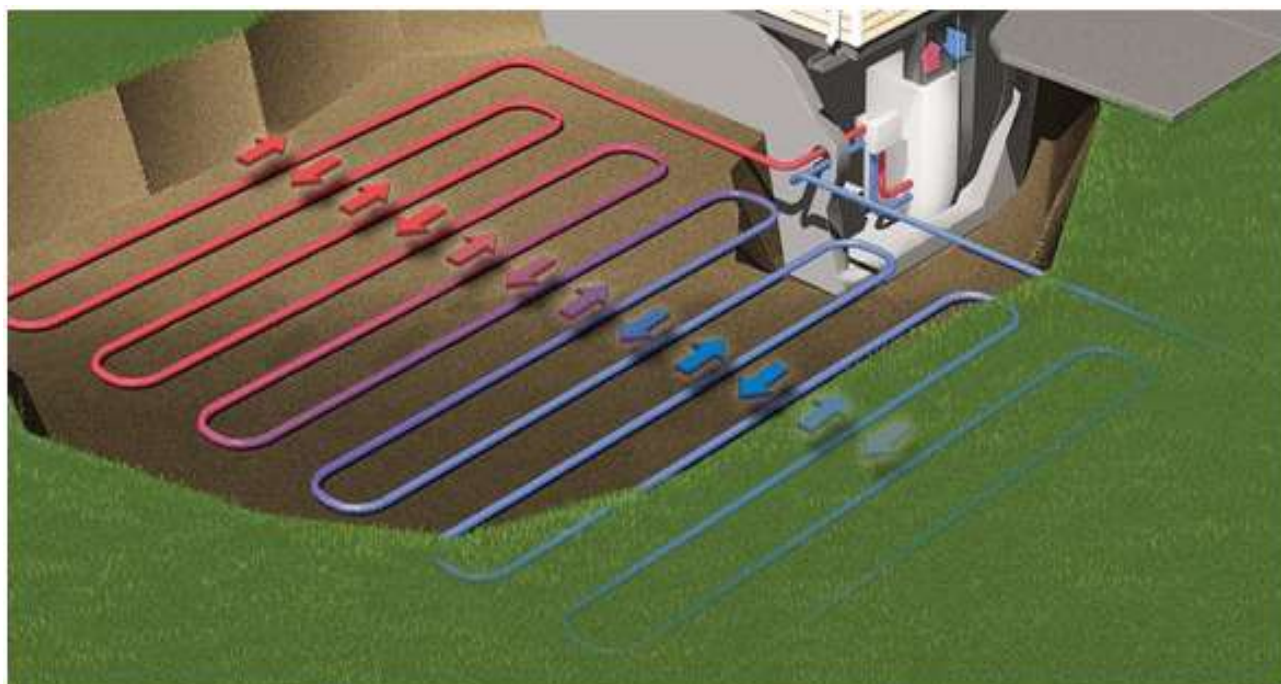


Рисунок 2. – Горизонтальный грунтовой теплообменник (контур) теплового насоса.

Вертикальные грунтовые теплообменники дают возможность использовать геотермальное тепло недр Земли. Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками не занимают большой площади участков и не зависят от теплопоступлений от солнечной радиации. Температура на глубине ниже 15 м постоянна. Работа вертикального грунтового теплообменника не зависит от геологической среды, в которой он расположен, исключением являются только грунтовые породы, имеющие низкую теплопроводность. Такие системы получили наибольшее распространение, благодаря вышеперечисленным преимуществам. Вертикальные грунтовые теплообменники изготавливают из металлических, полипропиленовых и полиэтиленовых труб. Таким образом можно сделать вывод, что на территории России наиболее приемлемо применение тепловых насосов с вертикальными грунтовыми контурами.

В качестве вторичных энергоресурсов для теплового насоса могут служить: сточные воды, системы обратной сетевой воды; вытяжные системы промышленных цехов, сбросная теплота в градирнях. Как мы видим характеристики и особенности вторичных энергоресурсов будут обусловлены спецификой технологического процесса на каждом конкретном предприятии.

В зависимости от условий отработанное тепло можно использовать в тепловом насосе для теплоснабжения цехов, мастерских, складов и т.д. промышленного предприятия.

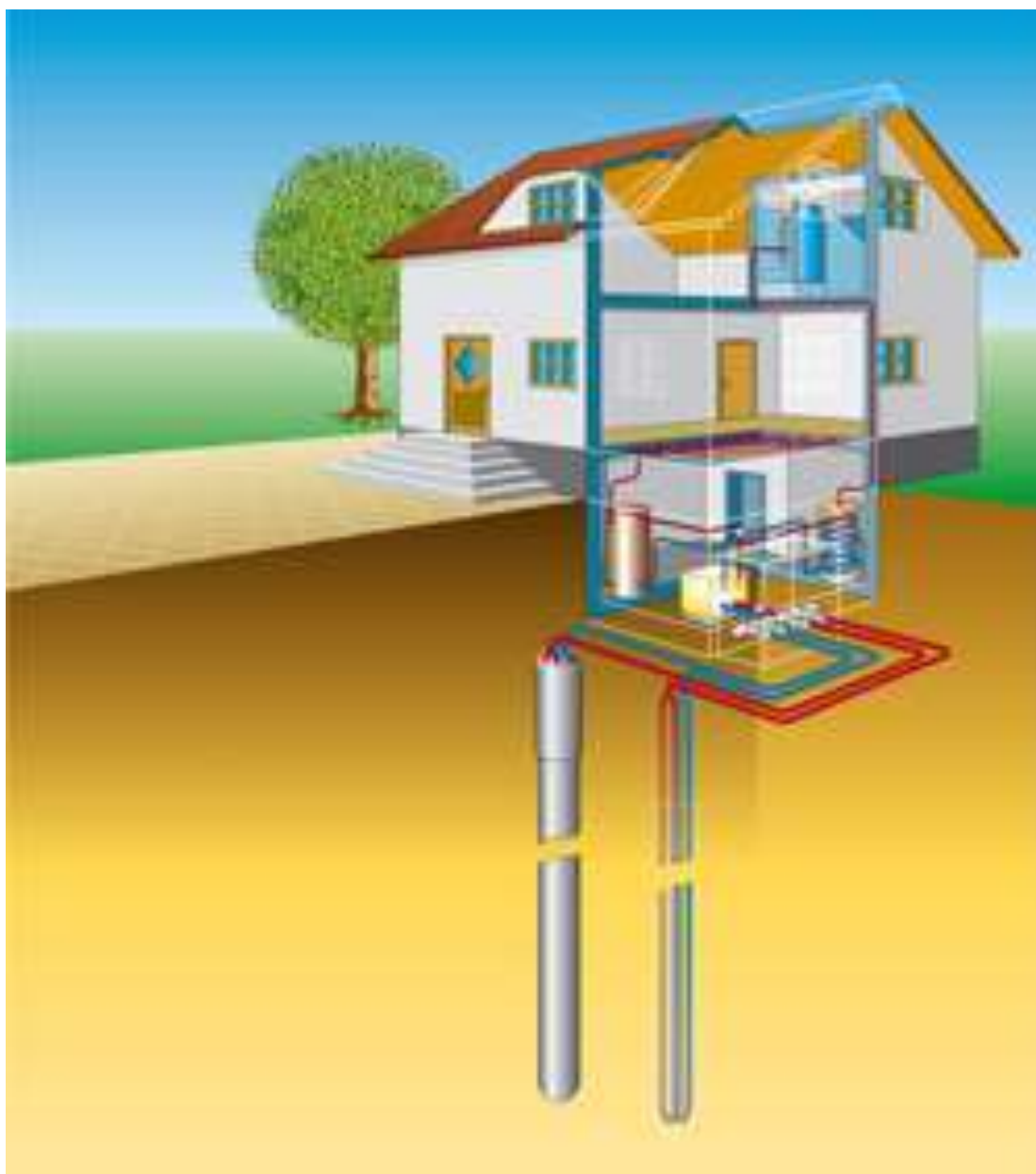


Рисунок 2. – Вертикальный грунтовой теплообменник теплового насоса.

Применение тепловых насосов для теплоснабжения имеет следующие преимущества:

- тепловые насосы являются установками индивидуального теплоснабжения с исключением протяженных тепловых сетей;

- снижение объема природного первичного топлива, расходуемого на теплоснабжение, примерно в 1,5–2 раза;

- улучшение экологической обстановки в населенных пунктах, так как сжигание топлива в городских котельных заменяется производством электроэнергии за пределами населенных пунктов, с меньшими затратами топлива для выработки электроэнергии, чем при использовании котлов;

- безопасность по сравнению с индивидуальными котельными на газовом топливе;

Но также необходимо отметить существенные недостатки [2]:

- температура теплоносителя на выходе из теплового насоса может быть не более 60° С, а согласно нормативам температурный график в сети теплоснабжения должен составлять 95/70° С. Возникает необходимость применения низкотемпературной системы отопления с большей площадью теплоотдачи.

- установка и монтаж контура и теплового насоса требует высоких капиталовложений и трудозатрат, по сравнению с традиционными системами теплоснабжения, также затратным являются пусконаладочные работы и сервисное обслуживание.

- климатические условия в России сильно ограничивают применение некоторых источников энергии для тепловых насосов.

В целом наиболее перспективными низкопотенциальными источниками для российских регионов являются:

- теплота естественных природных водных источников: рек, озер, наземных и подземных водоемов со средней температурой около 10 °С;

- сбросная теплота канализационных стоков и других источников;

- сбросная теплота в градирнях (с выхода паровых турбин ТЭЦ в отопительный период в режиме вентиляционного пропуска с температурой пара на выходе 30-35 °С).

Несмотря на возникающие сложности, в ряде российских регионов перспективными являются насосы с использованием теплоты грунта. Этот источник низкопотенциальной теплоты вседоступен, стабилен по температурному уровню в течение сезона, обладает теплоаккумулирующей способностью.

Также вызывают интерес установки, которые используют отработанную теплоту (сбросное тепло), если её имеется в достаточном количестве и это экономически выгодно.

Таким образом можно сделать вывод, что потенциал источников энергии для тепловых насосов в нашей стране довольно обширный несмотря на некоторые ограничения. Основными проблемами внедрения данного оборудования являются: отсутствие налаженного отечественного производства, необходимость высоких капитальных вложений, сложность пуско-наладочных работ и технического обслуживания. Но тем не менее в условиях постоянно растущих цен на традиционные энергоносители, повышения требований к экологичности процессов сжигания углеводородного топлива – применение тепловых насосов является достойной альтернативой традиционным системам теплоснабжения.

Библиографический список:

1. Берзан В. П. Аспекты проблемы стимулирования внедрения тепловых насосов / В. П. Берзан, С. Г. Робу, М. Л. Шит // Проблемы региональной энергетики. – 2011. – № 1. – С. 91–94.
2. Протасевич А. М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха: учебное пособие/ А. М. Протасевич. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. Знание, 2016. – 286 с.

Сравнение двух методов расчетов осадки свайных фундаментов

Федоренко Д. Д.

Научный руководитель – Девальтовский Е. Э.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

До 2011 года, в соответствии со СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», расчет осадок куста свай производился как для условного фундамента на естественном основании, следуя требованиям СНиП 2.02.01-83. Однако с выходом обновленной версии СНиП 2.02.03-85 в виде СП 24-13330-2021 «Свайные фундаменты» проектировщикам стал доступен новый метод расчета осадок свайных фундаментов, учитывающий взаимное влияние свай в группе. Настоящий доклад ставит целью сравнить эти два метода расчета осадок.

Расчет осадки как условного фундамента на естественном основании

Этот метод исходит из предположения о синхронном смещении свай и грунта в межсвайном пространстве, что приводит к движению свайного фундамента и грунта как единого массива. При этом трение между сваями и окружающим грунтом не учитывается. Вес свайно-грунтового массива рассматривается как дополнительная нагрузка на уровне нижних концов свай. По этой схеме расчета осадка свайного фундамента определяется как условного массивного путем суммирования осадок слоев грунта под нижним концом свай. Границы условного фундамента (см. чертеж 1) определялись следующим образом:

Снизу - плоскостью АБ, проходящей через нижние концы свай;

С боков - вертикальными плоскостями АВ и БГ, отстоящими от наружных граней крайних свай на расстоянии, равном половине расстояния между осями крайних свай.

Расчет с учетом взаимного влияния свай в группе

Новый метод расчета, представленный в СП 24-13330-2021, учитывает взаимное влияние свай в группе, которое проявляется в уменьшении осадок свай в центре группы и увеличении их на периферии. Расчет производится послойно с использованием расчетных характеристик грунта и свай, полученных при проведении инженерно-геологических и полевых испытаний. При этом учитываются деформации грунта как под подошвой сваи, так и в зоне трения между сваей и грунтом рядов вертикальных свай на расстоянии

$h \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_{II,mt}}{4} \right)$ (см. рисунок 1);

Сверху - поверхностью планировки грунта ВГ, здесь $\varphi_{II,mt}$ - осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле

$$\varphi_{II,mt} = \frac{\sum_{i=1}^h \varphi_{II,i} \cdot h_i}{\sum h_i} \quad (1)$$

где $\varphi_{II,i}$ - расчетные значения углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной h_i ;

h - глубина погружения свай в грунт.

Определив размеры условного фундамента и нагрузки на уровне его подошвы рассчитывалась осадка по методу послойного суммирования с условным ограничением сжимаемой толщи (СНиП 2.02.01-83) по формуле:

$$S = \beta \cdot \frac{\sigma_{zpi} \cdot h_i}{E_i} \quad (2)$$

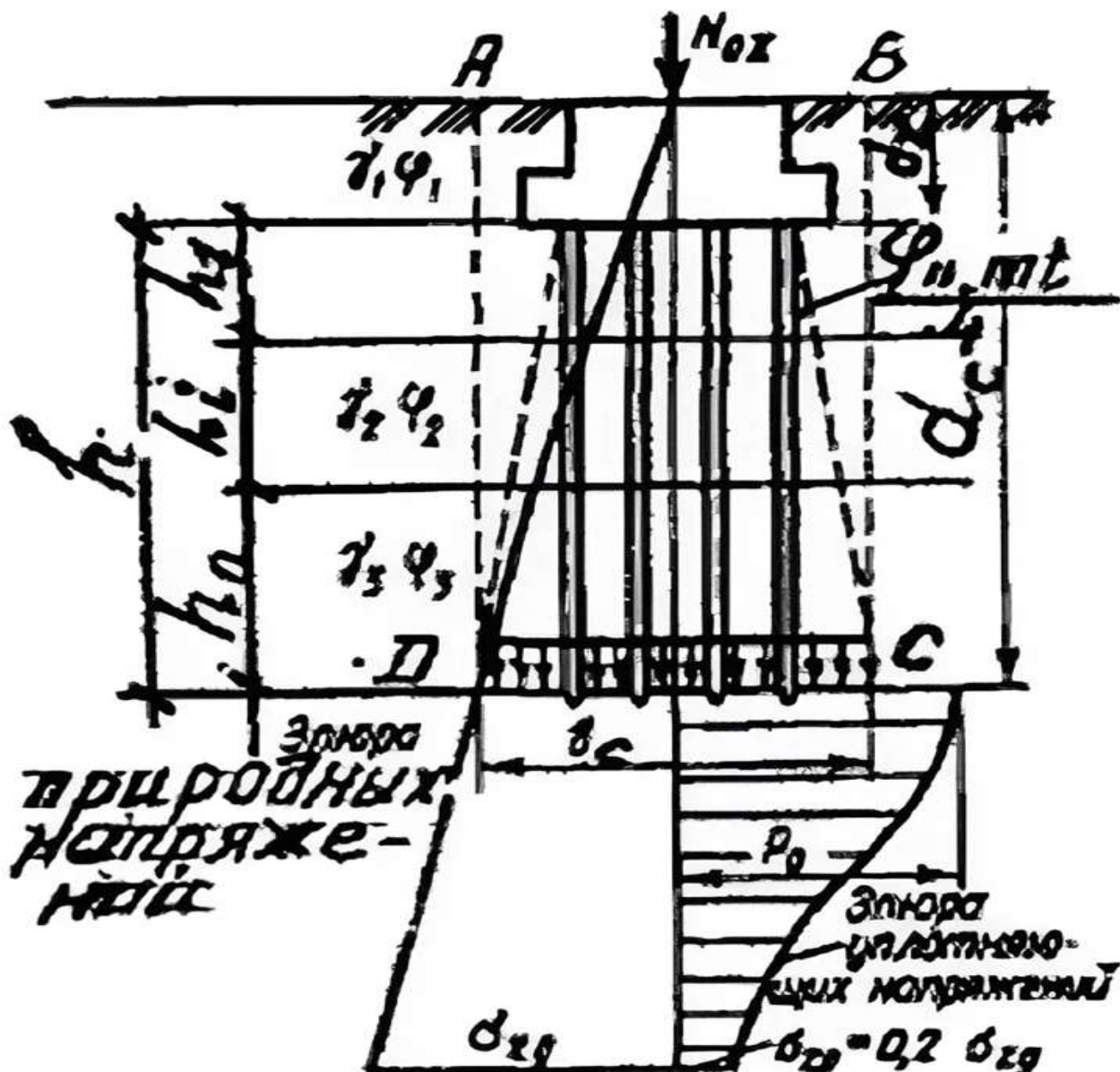


Рисунок 1 - Схема расчёта осадки свайного фундамента как условного массивного.

Расчёт осадки куста свай как осадки одиночной сваи с учётом взаимного влияния свай в группе

Расчёт осадки одиночных свай, прорезающих слой грунта с модулем сдвига G_1 , МПа, коэффициентом Пуассона ν_1 и опирающихся на грунт, рассматриваемый как линейно-деформируемое полупространство, характеризуемое модулем сдвига G_2 и коэффициентом Пуассона ν_2 , допускается производить при выполнении условий $l/d > 5$; $G_1 \cdot l / G_2 \cdot d > 1$ (где l - длина свай, м, d - наружный диаметр поперечного сечения ствола сваи).

Расчет начинают с построения расчетной схемы, пример приведен на рис. 2. Для каждого инженерно-геологического элемента приводят следующие характеристики: модуль деформации E_0 , угол внутреннего трения φ , удельный вес γ (удельный вес во взвешенном состоянии γ_{sb}), коэффициент Пуассона ν , модуль сдвига G .

Коэффициент Пуассона принимают по табл. 5.10 СП 22.13330.2016. Модуль сдвига находят по формуле

$$G = \frac{E_0}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (3)$$

Модуль сдвига грунта (G) является важным параметром в геотехнических расчетах, характеризующим способность грунта сопротивляться деформациям сдвига. В инженерной практике часто используют эмпирическую формулу для оценки модуля сдвига грунта: $G = 0,4 E_0$, где E_0 - модуль общей деформации.

При расчете фундаментов, в том числе свайных, инженерно-геологические элементы в основании фундамента заменяют двумя слоями: около свайный грунт (I) и слой грунта под нижним концом сваи (II). Для каждого из этих слоев определяют средневзвешенные значения модуля сдвига и других деформационных характеристик, учитывая состав и свойства входящих в них инженерно-геологических элементов.

Важно отметить, что модуль сдвига грунта зависит от напряженного состояния в точке грунта и может изменяться в зависимости от уровня деформации сдвига. Поэтому в инженерно-геологических отчетах рекомендуется приводить значения модуля сдвига в различных интервалах нормального давления, а не только в одном конкретном значении.

Существуют различные методы определения модуля сдвига грунта, включая лабораторные испытания и полевые методы, такие как использование прессиометра или динамического зондирования. ГОСТ Р 56353-2022 также регламентирует методы лабораторного определения модуля деформации грунта.

Далее производят проверку возможности применения данной методики, проверяя условия

$$\frac{l}{d} > 5 \quad (3)$$

$$\frac{G_1 \cdot l}{G_2 \cdot d} > 1 \quad (4)$$

Для призматических свай некруглого сечения с площадью A , d вычисляют по формуле

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (5)$$

Формула для расчёта выбирается на основе величины коэффициента k , характеризующего геометрию и жёсткость основания в зависимости от отношения жесткостей основания по боковой поверхности и по пяте

$$k = \frac{G_1 \cdot l}{G_2 \cdot d} \quad (6)$$

для длинных висячих свай ($k \geq 7,5$) осадку одиночной сваи вычисляют по формуле

$$s = \beta \cdot \frac{N}{G_1 \cdot l} \quad (7)$$

где N – вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю, МН;
 β - коэффициент, определяемый по формуле

$$\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + 0.3 \cdot \frac{1 - (\beta'/\alpha')}{\chi} \quad (8)$$

где β' - коэффициент, соответствующий абсолютно жёсткой свае ($E \cdot A = \infty$), определяется по формуле

$$\beta' = 0.17 \cdot \ln(k_v \cdot k) \quad (9)$$

α' - коэффициент для случая однородного основания с характеристиками G_1 и ν_1 :

$$\alpha' = 0.17 \cdot \ln(k_{v1} \cdot l/d) \quad (10)$$

χ - относительная жёсткость сваи:

$$\chi = \frac{E_{b,\tau} \cdot A}{G_1 \cdot l^2} \quad (11)$$

$E_{b,\tau} \cdot A$ - жёсткость ствола сваи на сжатие, МН;

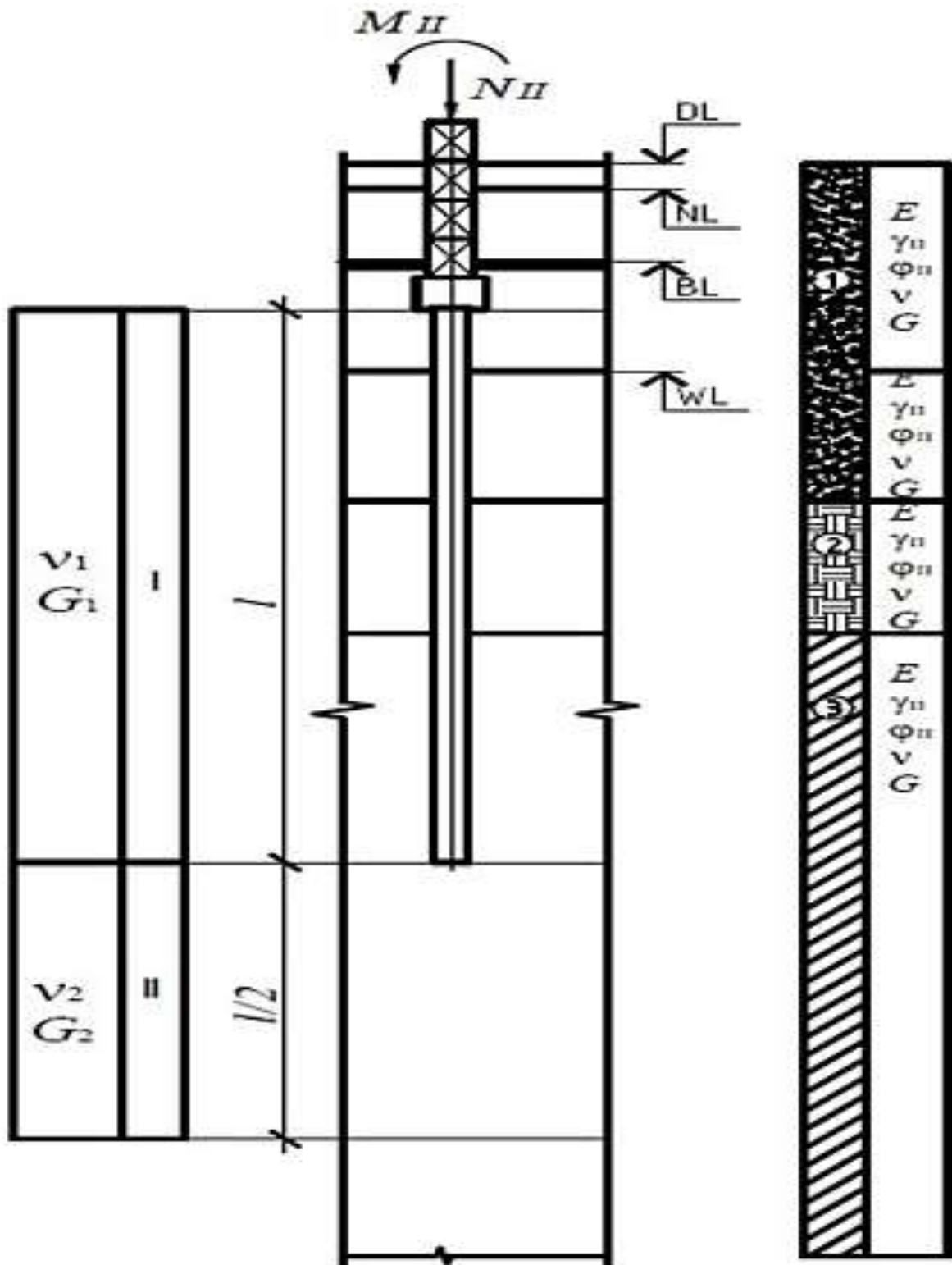


Рисунок 2 - Схема к расчету свайного фундамента по деформациям (при низком ростверке).

Для свай, так как на её нагрузка действует продолжительное время, определяют модуль упругости бетона согласно п. 6.1.15 СП 63.13330.2018

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}} \quad (12)$$

$\varphi_{b,cr}$ - коэффициент ползучести бетона, принимаемый в зависимости от среднемесячной относительной влажности воздуха в июле ψ , %;

E_b - начальный модуль упругости

λ_1 - параметр, характеризующий увеличение осадки за счёт сжатия ствола и определяемый по формуле

$$\lambda_1 = \frac{2,12 \cdot \chi^{3/4}}{1 + 2,12 \cdot \chi^{3/4}} \quad (13)$$

k_v, k_{v1} - коэффициенты, определяемые по формулам

$$k_{v1} = 2,82 - 3,78 \cdot v_1 + 2,18 \cdot v_1^2 \quad (14)$$

$$k_v = 2,82 - 3,78 \cdot v + 2,18 \cdot v^2 \quad (15)$$

где $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$.

б) для коротких висячих свай, опирающихся на слабдеформируемые грунты ($k \leq 7,5$) осадку одиночной сваи вычисляют по формуле

$$s = \zeta' \cdot \frac{N}{G_2 \cdot d} \quad (16)$$

где $\zeta' = \frac{\zeta_o}{1 + k/m_v}, \zeta_o = \frac{1 - 2 \cdot v}{2 \cdot \ln(3 - 4 \cdot v)}$.

Значения расчётных коэффициентов v, k_v, ζ_o, m_v принимаем по таблице.

Расчёт осадки свайного куста.

Для расчёта осадки куста свай производят расчет нагрузки, действующей на сваю:

– для куста свай нагрузку определяют для каждой сваи по формуле (17);

$$N_i = \frac{N_{II} \cdot G_R \cdot G_g}{n} \pm \frac{M_{Ix} \cdot y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_{Iy} \cdot x}{\sum x_i^2} \quad (17)$$

– для ленточного фундамента считается, что все сваи нагружены одинаково, нагрузку на сваю определяют по формуле (18).

$$N_i = \frac{N_{II} \cdot G_R \cdot G_g}{i} \cdot a \quad (18)$$

Производят выбор наиболее нагруженной сваи, для которой и считают осадку с учётом влияния соседних свай:

– для куста свай – максимально нагруженная свая;

– ленты – свая в середине ряда.

При расчёте осадок группы свай необходимо учитывать их взаимное влияние. Дополнительная осадка сваи, находящейся на расстоянии a (расстояние измеряется между осями свай) от сваи, к которой приложена нагрузка N , равна

$$s_{ad} = \delta \cdot \frac{N}{G_1 \cdot l} \quad (19)$$

$$\delta = \begin{cases} 0,17 \cdot \ln \frac{k_v \cdot G_1 \cdot l}{2 \cdot G_2 \cdot a}, \text{ если } \frac{k_v \cdot G_1 \cdot l}{2 \cdot G_2 \cdot a} > 1 \\ 0, \text{ если } \frac{k_v \cdot G_1 \cdot l}{2 \cdot G_2 \cdot a} \leq 1 \end{cases} \quad (20)$$

Расчёт осадки i -й сваи в группе из n свай при известном распределении нагрузок между сваями выполняется по формуле

$$s_i = s(N_i) + \sum_{j \neq i} \delta_{ij} \cdot \frac{N_j}{G_1 \cdot l} \quad (21)$$

где $s(N_i)$ - осадка одиночной расчётной сваи, определяемая по формуле (7);

δ_{ij} - коэффициенты, рассчитываемые по формуле (20) в зависимости от расстояния между i -й и j -й сваями;

N_j - нагрузка на j -ю сваю.

Ниже представлены результаты расчёта осадки куста из шести свай длиной 8 метров сечением 30*30 см, рисунок 3. Расчёт выполнен в среде Mathcad 15.

Грунтовые условия представлены на рисунке 4.

Расчёт осадки свайного фундамента как условного массивного.

Расчётная схема приведена на рисунке 5.

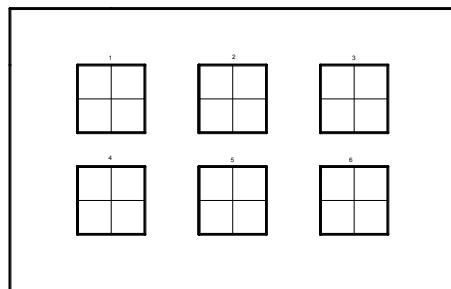


Рисунок 3 - Расчёта осадки куста.

$H_{нас} := 1.4 \text{ м}$	$\chi_{нас} := 0.016 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- насыпной слой	по табл 5, 10 СП 22 опред коэфф Пуассона			
$H_{пм} := 1 \text{ м}$	$\chi_{пм} := 0.018 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- песок пылеватый до УГВ	$\nu_{пм} := 0.35$	$E_{пм} := 20 \text{ МПа}$	$\phi_{пм} := 30^\circ$	
$H_{пмл} := 1.6 \text{ м}$	$\chi_{пмл} := 0.01 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- песок пылеватый после УГВ	$\nu_{пмл} := 0.35$	$E_{пмл} := 20 \text{ МПа}$	$\phi_{пмл} := 30^\circ$	
$H_{суп} := 2.5 \text{ м}$	$\chi_{суп} := 0.0109 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- супесь	$I_{суп} := 0.667$	$\nu_{суп} := 0.35$	$E_{суп} := 18 \text{ МПа}$	$\phi_{суп} := 24^\circ$
$H_{пз} := 4.1 \text{ м}$	$\chi_{пз} := 0.0101 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- глина	$I_{пз} := 0.15$	$\nu_{пз} := 0.4$	$E_{пз} := 21 \text{ МПа}$	$\phi_{пз} := 19^\circ$
$H_{пср} := 4.6 \text{ м}$	$\chi_{пср} := 0.0099 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$	- песок среднезернистый	$\nu_{пср} := 0.3$	$E_{пср} := 30 \text{ МПа}$	$\phi_{пср} := 32^\circ$	

Рисунок 4 - Грунтовые условия.

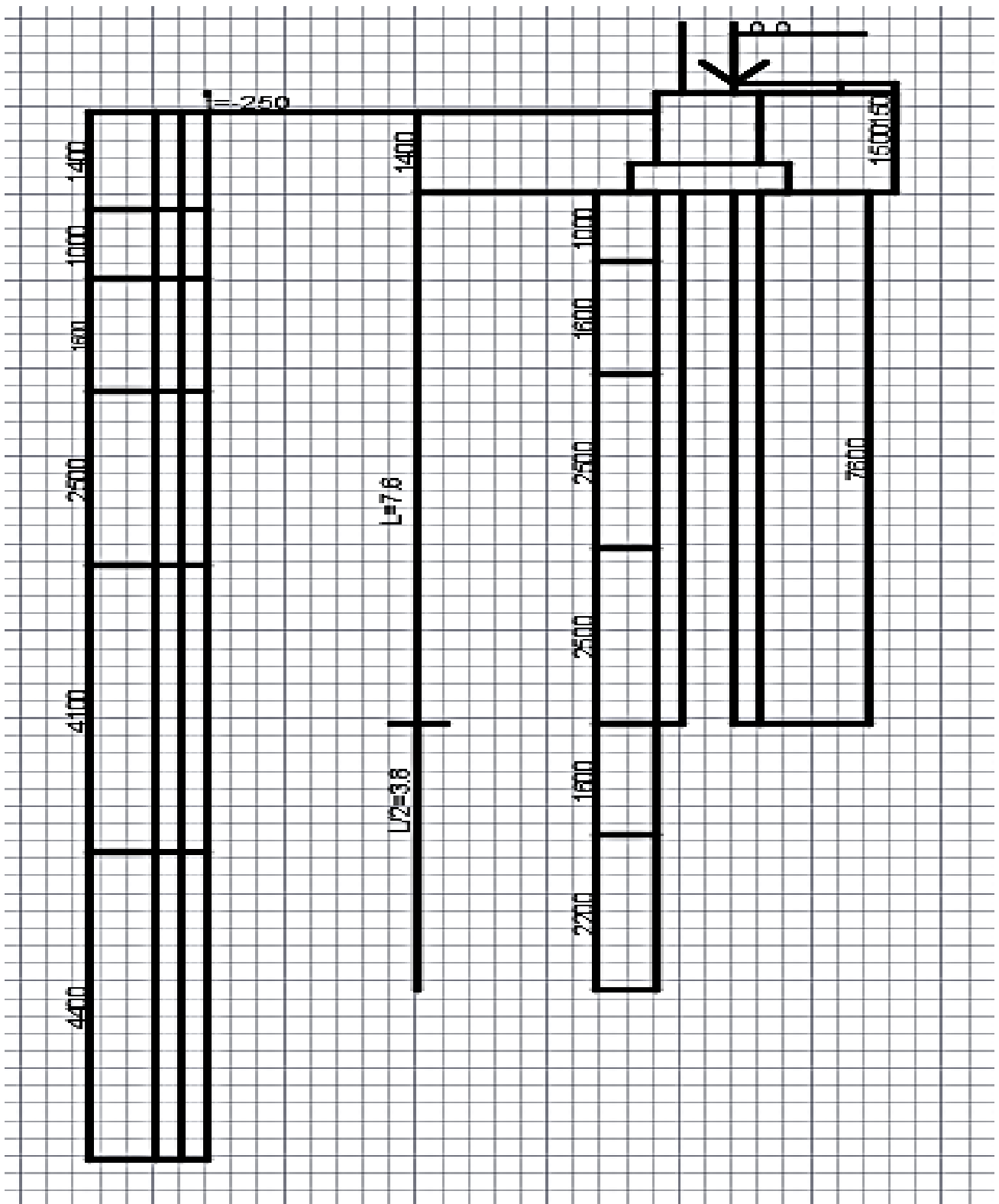


Рисунок 5 - Расчётная схема приведена на рисунке.

В расчете мы определяем:

- Размеры условного фундамента.
- Нагрузки, действующие на уровне подошвы условного фундамента.
- Давление по подошве условного фундамента.
- Далее определяем расчетное сопротивление грунта R , расположенного ниже подошвы

условного фундамента. После того как убедились, что давление на грунт по подошве фундамента меньше расчётного сопротивления грунта, переходим к основному расчету осадки условного фундамента.

Осадка фундамента определяется методом послойного суммирования:

$$\begin{aligned} \sigma_{zp.1m} &:= \frac{\sigma_{zp0} + \sigma_{zp1}}{2} & \sigma_{zp.1m} &= 0.227 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.2m} &:= \frac{\sigma_{zp1} + \sigma_{zp2}}{2} & \sigma_{zp.2m} &= 0.184 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.3m} &:= \frac{\sigma_{zp2} + \sigma_{zp3}}{2} & \sigma_{zp.3m} &= 0.144 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.4m} &:= \frac{\sigma_{zp3} + \sigma_{zp4}}{2} & \sigma_{zp.4m} &= 0.102 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.5m} &:= \frac{\sigma_{zp4} + \sigma_{zp5}}{2} & \sigma_{zp.5m} &= 0.063 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.6m} &:= \frac{\sigma_{zp5} + \sigma_{zp6}}{2} & \sigma_{zp.6m} &= 0.042 \cdot \text{МПа} \\ \sigma_{zp.7m} &:= \frac{\sigma_{zp6} + \sigma_{zp7}}{2} & \sigma_{zp.7m} &= 0.029 \cdot \text{МПа} \end{aligned}$$

$$S := 0.8 \left(\sigma_{zp.1m} \cdot \frac{h_1}{E_{0z1}} + \sigma_{zp.2m} \cdot \frac{h_2}{E_{0z1}} + \sigma_{zp.3m} \cdot \frac{h_3}{E_{0ncp}} + \sigma_{zp.4m} \cdot \frac{h_4}{E_{0ncp}} + \sigma_{zp.5m} \cdot \frac{h_5}{E_{0ncp}} + \sigma_{zp.6m} \cdot \frac{h_6}{E_{0ncp}} + \sigma_{zp.7m} \cdot \frac{h_7}{E_{0ncp}} \right)$$

$$S = 2.304 \cdot \text{см}$$

Вывод: по первому расчету осадка равна 2.304 см

Расчёт осадки куста свай как осадки одиночной сваи с учётом влияния соседних свай.

На рисунке 6 представлена схема расчёта

Для каждого из слоёв определяем значения G и ν как средневзвешенные значения входящих в их состав инженерно-геологических элементов:

$$\nu_{1cp} := \frac{\nu_{nm} \cdot h_{nm} + \nu_{nml} \cdot h_{nml} + \nu_{cyn} \cdot h_{cyn} + \nu_{z1} \cdot h_{ce21}}{l_{ce1}} \quad + \quad \nu_{1cp} = 0.366$$

$$G_{1cp} := \frac{G_{nm} \cdot h_{nm} + G_{nml} \cdot h_{nml} + G_{cyn} \cdot h_{cyn} + G_{z1} \cdot h_{ce21}}{l_{ce1}} \quad G_{1cp} = 7.194 \cdot \text{МПа}$$

$$\nu_{2cp} := \frac{\nu_{z1} \cdot h_{ce21} + \nu_{ncp} \cdot h_{ncp1}}{l_{ce2}} \quad \nu_{2cp} = 0.342$$

$$G_{2cp} := \frac{G_{z1} \cdot h_{ce21} + G_{ncp} \cdot h_{ncp1}}{l_{ce2}} \quad G_{2cp} = 9.838 \cdot \text{МПа}$$

- Поскольку $k \geq 7,5$, осадку одиночной сваи считаем как для длинных висячих свай
- Вычисляем коэффициенты k_v, k_{v1}
- Находим относительную жёсткость ствола сваи
- Определяем параметр, учитывающий увеличение осадки за счёт сжатия ствола

- Куст состоит из 6 свай: наиболее нагруженные сваи 1 и 4; средние сваи 2 и 5; наименее нагруженные сваи 3 и 6 (осадку рассчитываем осадку сваи № 1)
- Определяем осадку сваи № 1, как одиночной ($S=0.681\text{ см}$)
- Определяем расстояние, на котором необходимо учесть влияние соседних свай

$$(a_{ult} = 4.875 \cdot i).$$

- Учитываем влияние всех свай в кусте
- Определяем дополнительную осадку от попадающих в зону влияния свай ($S_{ad}=0.857\text{ см}$)

$$S_{ad} := \delta_{1,2} \cdot \frac{N_2}{(G_{1\bar{n}\bar{\delta}} \cdot l_{\bar{n}\bar{a}})} + \delta_{1,3} \cdot \frac{N_3}{(G_{1\bar{n}\bar{\delta}} \cdot l_{\bar{n}\bar{a}})} + \delta_{1,4} \cdot \frac{N_4}{(G_{1\bar{n}\bar{\delta}} \cdot l_{\bar{n}\bar{a}})} + \delta_{1,5} \cdot \frac{N_5}{(G_{1\bar{n}\bar{\delta}} \cdot l_{\bar{n}\bar{a}})} + \delta_{1,6} \cdot \frac{N_6}{(G_{1\bar{n}\bar{\delta}} \cdot l_{\bar{n}\bar{a}})}$$

- Полная осадка расчётной сваи № 1 ($S=1.538\text{ см}$)

$$S := S_1 + S_{ad}$$

Вывод:

Расчёт осадки по этим двум методам даёт разные результаты. Их соответствие реальным осадкам можно подтвердить лишь натурными испытаниями.

Методика расчёта осадок как условного массивного, требует необходимый минимум формул, который позволяет рассчитать осадку куста свай с высокой точностью, быстро и с минимумом исходных данных.

Однако, для более сложных или уникальных фундаментов, более исчерпывающим является СП, поскольку в нем предлагаются формулы на большее количество ситуаций, как по грунту, так и по материалу.

Библиографический список:

1. СП 24.13330.2021 СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты.

УДК:624.131.436

Исследование теплофизических свойства грунта

Гапотченко А. А., Мальцев К. А.

Научный руководитель – Киборт И. Д.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Теплофизические свойства характеризуют изменения происходящие в грунтах, вызванные изменением температур. Тепловые свойства пород в значительной степени определяют энергомасообменные процессы, такие, как промерзание и оттаивание пород, криогенное пучение, осадка при оттаивании, термокарст, термоэрозия и др.

Знание теплофизических свойств имеет большое значение как для познания таких природных процессов, как выветривание и почвообразование, так и для оценки устойчивости инженерных сооружений, особенно в области развития многолетнемерзлых пород. Показатели теплофизических свойств мерзлых и оттаявших грунтов, используемых в качестве оснований зданий и сооружений, необходимы для выполнения теплотехнических расчетов.

Геотермальная энергия — это энергия, получаемая из природного тепла Земли.

Для получения тепла из недр Земли требуется бурение скважин. При этом, чем глубже скважина, тем больше энергии можно получить. Геотермический градиент в скважине возрастает в среднем на 1 °С каждые 36 метров. Тепло доставляется на поверхность в виде пара или горячей воды, а использовать его можно как для производства электричества, так и для отопления. Благодаря тому, что термальные регионы есть по всему миру, пользоваться таким способом получения энергии могут многие страны.

Самый простой тип ГеоТЭС использует при работе так называемую прямую схему. При ней пар поднимается по трубам и сразу раскручивает турбину. При непрямой схеме перед тем, как попасть в трубы, пар очищается от газов, которые вызывают ускоренное разрушение металла. Если удаление газов производится после конденсации воды, схема считается смешанной. Но есть еще и бинарная схема, являющаяся самой технологичной.

На самом деле, нельзя сказать, что геоТЭС очень эффективны, так как их КПД составляет всего 7-10 процентов. Это очень мало в сравнении с объектами, на которых энергия извлекается из сгорающего топлива. Именно поэтому нельзя просто выкопать яму, засунуть в нее трубу и пойти отдыхать. Система должна быть высокоэффективной и использовать несколько циклов для большей производительности, иначе полученной энергии не хватит даже на работу насосов, используемых для доставки жидкости на поверхность.

Ключевым фактором успеха геотермальных электростанций, в сравнении с ветряными и солнечными, является их постоянство. Они способны работать 24/7 с одинаковой интенсивностью, затрачивая на работу меньше энергии, чем производится на выходе. Дополнительным плюсом является возможность получения тепла, используемого для отопления домов и объектов в ближайшей зоне. И для всего этого не надо сжигать дорогое топливо.

Температура начала замерзания грунта T_{bf} , °C, характеризует температуру перехода грунта из талого в мерзлое состояние. Под температурой начала замерзания засоленного грунта понимают отрицательную температуру, при которой в поровом растворе появляются кристаллы льда. Температуру начала замерзания пылевато-глинистых, засоленных и биогенных (заторфованных) грунтов следует устанавливать опытным путем по данным замера температуры грунта в процессе его промерзания (либо оттаивания). При этом образец помещается в среду с постоянной температурой. Наиболее оптимальной температурой окружающей среды при замораживании образцов является температура минус 8–10 °C. Для незасоленных песчаных и крупнообломочных грунтов значение T_{bf} принимается равным 0° C.

Температуру начала замерзания порового раствора определяют для мерзлых грунтов массивной криогенной текстуры, а также для минеральных прослоек или макроагрегатов мерзлых грунтов слоистой и сетчатой криогенной текстуры, содержащих только поровый лед. В засоленных грунтах массивной криогенной текстуры незамерзшая вода состоит из различных категорий связанной воды и раствора солей. Для таких грунтов температуры начала замерзания и таяния практически совпадают, так как они зависят от концентрации порового раствора. В засоленных мерзлых грунтах слоистой и сетчатой криогенной текстуры ледяные включения практически не содержат солей и оттаивают при 0°С.

Для определения температуры начала замерзания засоленного грунта используют монолиты или образцы нарушенного сложения с сохранением природной влажности. Температуру начала замерзания определяют по кривой зависимости количества незамерзшей воды от отрицательной температуры, которую строят по результатам калориметрических опытов. Температура начала замерзания грунта на кривой зависимости количества незамерзшей воды от отрицательной температуры соответствует количеству незамерзшей воды, равной природной влажности исследуемого образца.

Таблица 1 – Значения нормативной глубины промерзания грунта в Ухте

Глубина промерзания грунта в Ухте	Значения нормативной глубины промерзания в Ухте
- в глинах и суглинках	1.84 м
- для супесей и мелких и пылеватых песков	2.24 м
- для песков средней крупности, крупных и гравелистых:	2.4 м
- для крупнообломочных грунтов:	2.72 м

Проведя бурение скважины рядом с ГНК, мы будем регистрировать измерения, передаваемые на ноутбук, в течение года. После этого мы сможем точно определить теплофизические характеристики грунта в городе Ухта в зависимости от типа строения.

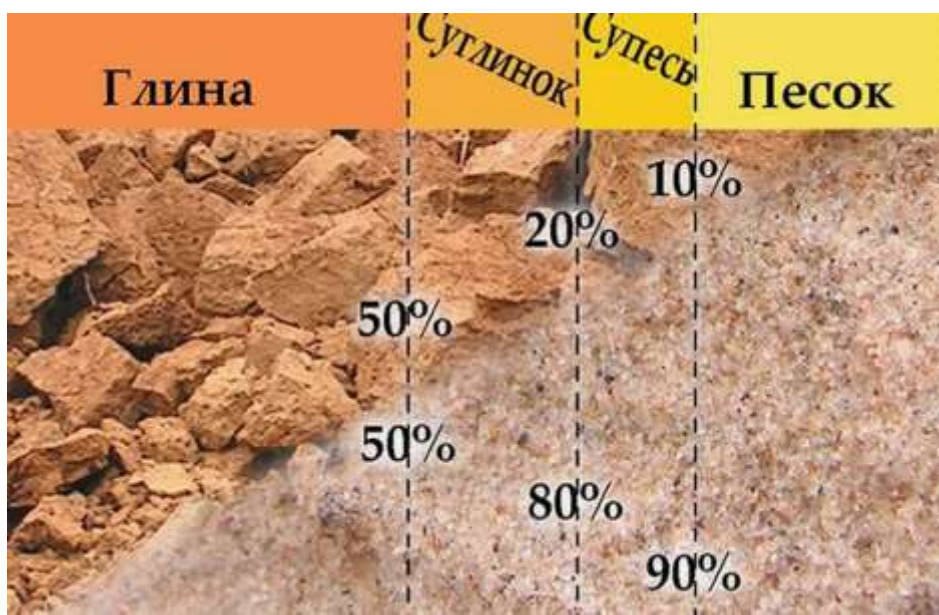


Рисунок 1 - Различные типы строения грунта.

Тип грунта	Расчетная глубина промерзания грунта (м) при среднесуточной температуре воздуха внутри помещения до ...				
	0° С	5° С	10° С	15° С	20° С и более
Строения без подвалов с полами по грунту					
- глина и суглинок	1.66	1.47	1.29	1.1	0.92
- супесь, песок мелкий и пылеватый	2.02	1.79	1.57	1.35	1.12
- песок гравелистый, крупный и средней крупности	2.16	1.92	1.68	1.44	1.2
- крупнообломочные грунты	2.45	2.18	1.91	1.63	1.36
Строения без подвалов с полами по деревянным лагам					
- глина и суглинок	1.84	1.66	1.47	1.29	1.1
- супесь, песок мелкий и пылеватый	2.24	2.02	1.79	1.57	1.35
- песок гравелистый, крупный и средней крупности	2.4	2.16	1.92	1.68	1.44
- крупнообломочные грунты	2.72	2.45	2.18	1.91	1.63
Строения без подвалов с полами по утепленному цокольному перекрытию					
- глина и суглинок	1.84	1.84	1.66	1.47	1.29
- супесь, песок мелкий и пылеватый	2.24	2.24	2.02	1.79	1.57
- песок гравелистый, крупный и средней крупности	2.4	2.4	2.16	1.92	1.68
- крупнообломочные грунты	2.72	2.72	2.45	2.18	1.91
Строения с подвалами или с техническими подпольями					
- глина и суглинок	1.47	1.29	1.1	0.92	0.74
- супесь, песок мелкий и пылеватый	1.79	1.57	1.35	1.12	0.9
- песок гравелистый, крупный и средней крупности	1.92	1.68	1.44	1.2	0.96
- крупнообломочные грунты	2.18	1.91	1.63	1.36	1.09
Строения с неотапливаемыми помещениями					
- глина и суглинок	2.03				
- супесь, песок мелкий и пылеватый	2.47				
- песок гравелистый, крупный и средней крупности	2.64				
- крупнообломочные грунты	2.99				

Рисунок 2 - Значения Расчетной глубины промерзания в Ухте при различных типах строения.



Рисунок 3 - Площадка у ГНК для проведения бур. Работ.



Рисунок 4 - Средство бурения Зил.



Рисунок 5 - Непосредственно сам процесс бурения.



Рисунок 6 - Кабинет с техникой, принимающей замеры.

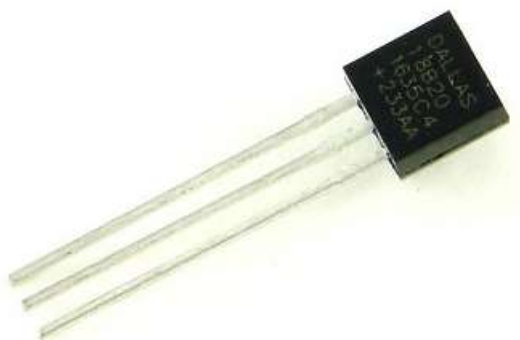


Рисунок 7 - Датчик температуры, используемый в замерах.

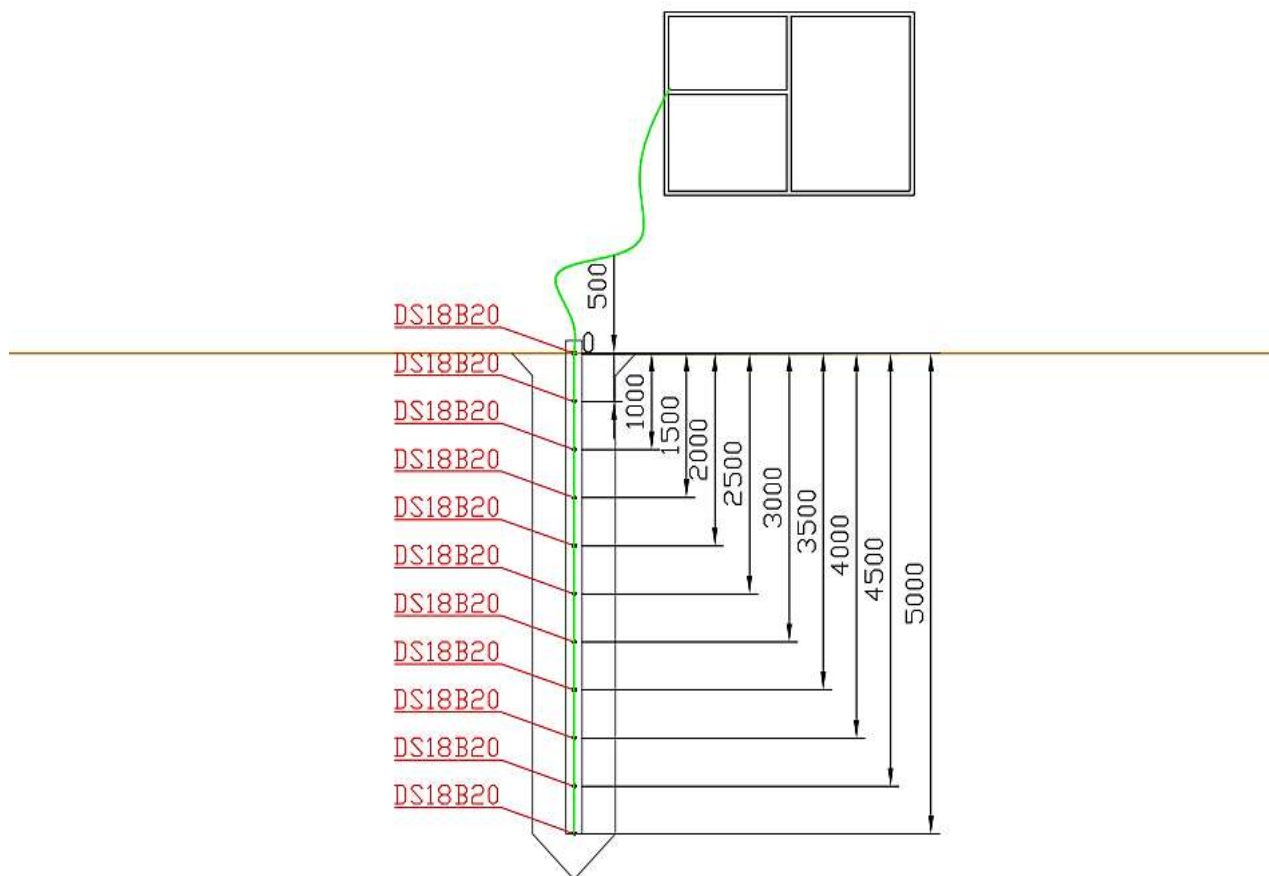


Рисунок 8 - Схема расположения всех датчиков и глубина залегания.

Библиографический список:

1. <https://studfile.net/preview/8315037/page:36/>
2. <https://vik.by/instruments/glubina-promerzaniya-grunta/russia/uhta?ysclid=lw686rrj85741520444>



СЕКЦИЯ 3. БУРЕНИЕ

УДК 622.24.063.2

Влияние различных сред на объемные характеристики глины: исследование и оценка

Маринин Д. А.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одними из наиболее распространенных горных пород, встречающихся при проводке скважины, являются глины, для которых характерны объемные изменения, особенно для глин мягкой и мягко-средней твердости. Наиболее распространенными глинистыми породами являются гидрослюды и монтмориллониты.

Предпосылкой к проведению данного исследования послужила выездная практика на Ево-Яхинский лицензионный участок Уренгойского НГКМ, где геологический разрез в большей степени представлен мягко-средними глинами, склонным к объемным изменениям.

В результате анализа промысловой информации, были сформированы следующие цель и задачи исследования:

Цель: оценка поведения глинистых образцов в различных средах при стандартных атмосферных условиях.

Задачи исследования:

1. Аналитический обзор научной и научно-технической литературы, рассматривающей вопросы строения и физико-химических свойств глины
2. Основные проблемы, связанные с прохождением интервалов, представленных глинистыми породами на Ево-Яхинском ЛУ НГКМ
3. Анализ методик и оборудования для оценки физических и химических процессов, протекающих в глинах в различных средах
4. Экспериментальное исследование оценки объемных изменений глинистых образцов в различных средах.

Поведение глин в различных средах имеет значительные отличия, проявляющиеся, в том числе, в виде объемных изменений, что объясняется особенностью их строения. Как известно, глинистые минералы представляют собой “пачку”, состоящую из отдельных слоев и в некоторых случаях содержащейся воды с обменными катионами между ними [1]. Различают слоистые и слоисто-ленточные глинистые минералы.

Слоистые:

1) Монтмориллонит – минерал, представляющий собой сочетание двух слоев, каждый из которых состоит из двух тетраэдрических и одного октаэдрического подслоев, и воды с обменными катионами. В монтмориллоните преобладают замещения трехвалентного Al на двухвалентные Mg и Fe в октаэдрическом подслое, а возникший отрицательный заряд компенсируется обменными катионами, например Na. Особенностью монтмориллонитовой структуры является то, что кислородная поверхность одного слоя контактирует с кислородной поверхностью соседнего слоя, что является предпосылкой для процессов набухания, так как молекулы воды могут проникать между структурными слоями монтмориллонита и еще больше снижать взаимодействие между ними. В результате от количества проникшей воды в межслоевое пространство расстояние между слоями (С-расстояние) может варьироваться в пределах $14 \div 21$ ангстрем. Монтмориллонит - наиболее часто применяемая глина для получения бентонитовых глинопорошков.

2) Гидрослюда – по строению схожа с монтмориллонитовым минералом, однако отличие состоит в том, что в ней преобладают изоморфные замещения четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием, железом, магнием, кальцием или литием в тетраэдрическом подслое. Возникающий избыточный отрицательный заряд компенсируется ионом калия, находящимся в межслоевом пространстве. Из-за отрицательной гидратации ионов K в минерале в межслоевом пространстве отсутствует вода. Такой минерал относится к минералам с жесткой

кристаллической решеткой, не склонным к объемным изменениям при контакте с водой. Однако стоит отметить, что на наружных поверхностях не исключен ионный обмен, приводящий к гидратации минерала и какому-то увеличению объема, но гораздо меньшему по сравнению с монтмориллонитом.

3) Каолин – относится к двухслойным минералам с жесткой кристаллической решеткой, что связано с возможностью водородных связей между ОН- в октаэдрах и кислородом в тетраэдрах. В каолине отсутствуют изоморфные замещения, поэтому в межслоевом пространстве может быть только незначительное количество воды, отсюда и незначительный диапазон С-расстояния – 7,15 ÷ 7,20 ангстрем. Исходя из этого, каолиновые глины не набухают, но при этом склонны к пластическому течению.

Что касается слоисто-ленточных минералов, то в них наблюдается чередование тетраэдрических сеток, которые вершинами могут быть направлены в разные стороны. В этих минералах изоморфные замещения наблюдаются, в первую очередь, в октаэдрах. Но есть замещения и в тетраэдрах, причем все замещения происходят на Mg. Отрицательный заряд накапливается по окружности вдоль слоев тетраэдров и октаэдров. Этот отрицательный заряд компенсируется ионами Mg.

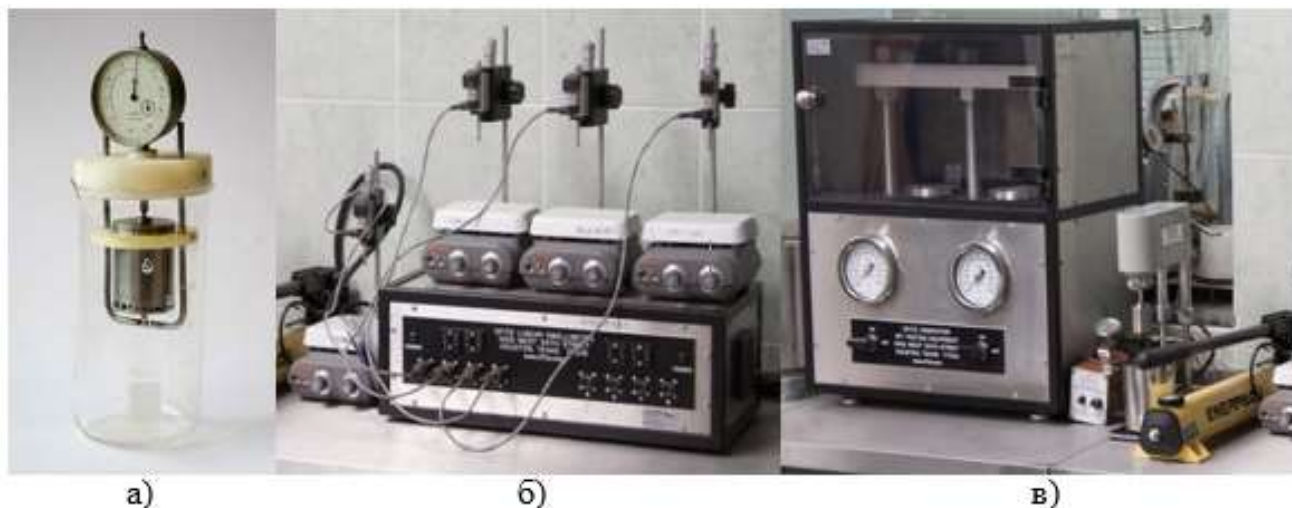
На Ево-Яхинском лицензионном участке, при проводке скважины в заданных условиях по проектным данным, чаще всего встречаются осложнения связанные с объемными изменениями ствола скважины: сужение ствола скважины, приводящее к посадкам бурильного инструмента, затяжкам, прихватам, а также осыпи и обвалы стенок скважины. Кавернообразования, возникающие в следствие осыпей и обвалов, негативно отражаются на гидравлике, ухудшая вынос шлама. Это объясняется снижением скорости восходящего потока бурового раствора и его подъемной силы, из-за участков в стволе скважины, диаметр которых увеличен в сравнении с проектными данными [2]. Причины вышеперечисленных осложнений связаны с объемными изменениями вскрываемых глин.

В результате анализа научной литературы и промысловых данных, по схожим условиям бурения, было выяснено что для предупреждения осложнений, связанных с объемными изменениями, рекомендуется использовать буровые растворы, обладающие ингибирующими и инкапсулирующими свойствами. Примерные рецептуры с содержанием компонентов, для таких условий, представлены далее, в таблице 1.

Таблица 1 – Возможные составы растворов для глинистых отложений

Ингибированные					Инкапсулирующий
Известковый	Хлоркальциевый	Гипсовый	Силикатный	Хлоркалийный	
Бентонит, 60-100 кг/м ³	Бентонит, 60-100 кг/м ³	Бентонит, 60-100 кг/м ³	Бентонит, 30-50 кг/м ³	Бентонит, 30 кг/м ³	Биополимер, 4 кг/м ³
ФХЛС, 20-30 кг/м ³	Хлорид кальция, 10-20 кг/м ³	ФХЛС, 20-30 кг/м ³	Жидкое стекло, 30-50 кг/м ³	Хлорид калия, 70 кг/м ³	РАС LV, 4 кг/м ³
Каустик, 3-5 кг/м ³	Лигносульфаты, 50-70 кг/м ³	Гашеная известь, 1-3 кг/м ³	Гуматы, 30-50 кг/м ³	РАС LV, 8 кг/м ³	ЧГПАА, 4 кг/м ³
Известковое молоко, 25-30 кг/м ³	КМЦ, 10-20 кг/м ³	Каустик, 3-5 кг/м ³	КМЦ, 5-10 кг/м ³	Едкий калий, 3 кг/м ³	Полиакрилат натрия, 2 кг/м ³
-	Гашеная известь, 3-5 кг/м ³	КМЦ, 3-5 кг/м ³	Лигносульфаты, 3-5 кг/м ³	-	Biocide, 0,3 кг/м ³
-	-	Гипс, 10-20 кг/м ³	Гипс, 20-40 кг/м ³	-	-

Следующим шагом исследования стало определение требуемого оборудования для проведения эксперимента по оценке объемных изменений глин в лабораторных условиях ФГБОУ ВО УГТУ. Лабораторный фонд кафедры БМОН и ГП располагает следующими приборами: прибор Жигача-Ярова (рисунок 1 а), набухметр LSM OFITE (рисунок 1 б). Для исследования объемных изменений, с помощью Компактора (рисунок 1 в) изготавливают образцы таблетированной формы.



а) Прибор Жигача-Ярова, б) LSM OFITE, в) Компактор

Рисунок 1 – Приборы для подготовки образцов и оценки набухания глин.

Первый этап исследования, направленный на оценку поведения исследуемых глинистых образцов в различных средах, при статических атмосферных условиях, включал следующие шаги:

- определение сред погружения и их компонентного состава;
- изготовление образцов на компакторе;
- проведение опытов;
- обработка полученных результатов.

Оборудование, химические реагенты и материалы для первого этапа исследования, приведены ниже:

Компактор, глинистая порода, глина, вода, KCl, ПАЦ Н, Биоксан, ВПРГ, лабораторная посуда.

Ход выполнения исследования:

Для выполнения исследования были приготовлены буровые растворы. Типы сред исследования и их компонентные составы, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептуры растворов для проведения эксперимента

Водный раствор	KCl раствор	Инкапсулирующий раствор	Инкапсулирующий KCl раствор
Реагент, кг/м ³	Реагент, кг/м ³	Реагент, кг/м ³	Реагент, кг/м ³
Вода	Бентонит, 30	Биоксан, 4	Биоксан, 4
–	KCl, 70	ПАЦ Н, 4	ПАЦ Н, 4
–	ПАЦ Н, 8	ВПРГ, 4	ВПРГ, 4
–	–	–	KCl, 50

Выбор данных составов объясняется тем, что:

- Использование хлоркалиевого раствора обусловлено замещением обменных катионов глинистого минерала на калиевый катион с отрицательной энергией гидратации, в результате чего глинистые слои как бы схлопываются и скрепляются между собой, образуя более массивную и прочную единицу. Уменьшение свободного пространства между слоями способствует снижению набухания глинистых частиц.

- Достоинством инкапсулирующего раствора является то, что ВПРГ, являясь инкапсулятором, покрывает глинистую поверхность полимерной пленкой, в результате чего также снижается интенсивность пропитывания глины водой.

- Использование инкапсулирующего хлоркалиевого раствора обусловлено синергетическим эффектом регентов хлорида калия и ВПРГ при взаимодействии с глинами.

Предварительно было заготовлено 12 таблеток с помощью прибора компактора (рисунок 2).



а), б) – образцы № 1 и № 2 соответственно из бентонитовых глинопорошков от двух различных производителей;

в) – образцы № 3 из чистой необработанной глины, привезенной с места практики

Рисунок 2 – Подготовленные образцы для исследования.

Полученные на компакторе образцы глинистой породы и глин погружались в стаканы, на поверхности которых предварительно были нанесены оценочные шкалы. После чего стаканы заполнялись растворами, приготовленными для исследования (рисунок 3). Затем, через определенные временные интервалы времени, фиксировались объемные изменения в исследуемых образцах. Совокупное время для проведения данного этапа исследования, для каждого образца, составило шестьдесят минут.

По истечении часа опыт останавливался, для визуальной оценки состояния исследуемых образцов глинистой породы и глин. Стоит отметить, что некоторые образцы во время проведения опыта утрачивали свою первоначальную форму полностью. Так, например, образец из глинистой породы, находившийся в воде, потерял свою форму уже спустя 5-6 минут. Образцы из глин набухали с дальнейшей потерей формы при нахождении в среде хлоркалиевого раствора. При этом, ряд образцов отлично сохранил свою форму по истечении часа в полимерном и полимерном хлоркалиевом растворах (рисунок 4).

По полученным данным была проведена количественная оценка объемных изменений образцов глинистой породы и глин. Результаты данного шага исследования представлены ниже, в виде графических зависимостей, на рисунке 5.

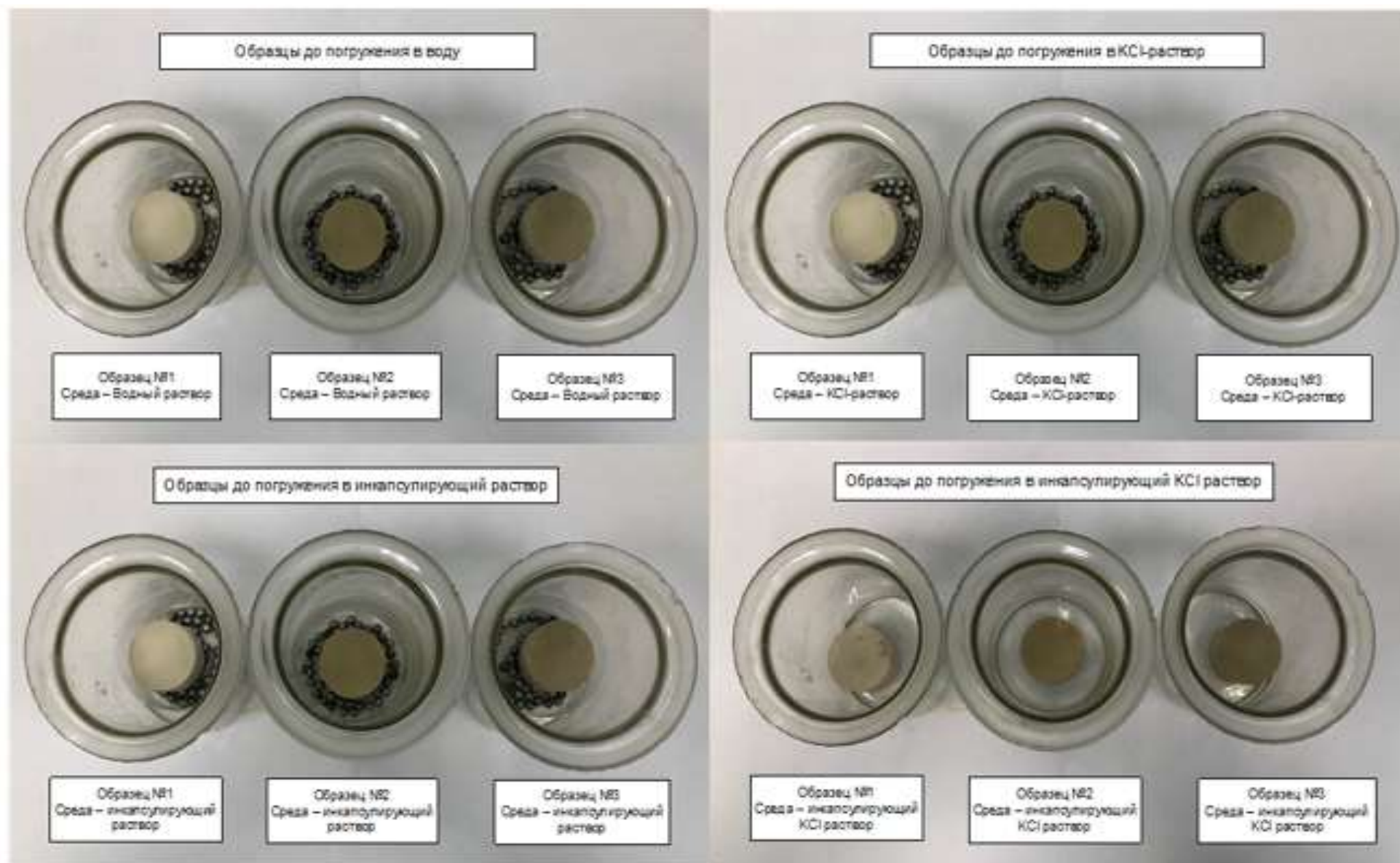


Рисунок 3 – Образцы до начала исследования.

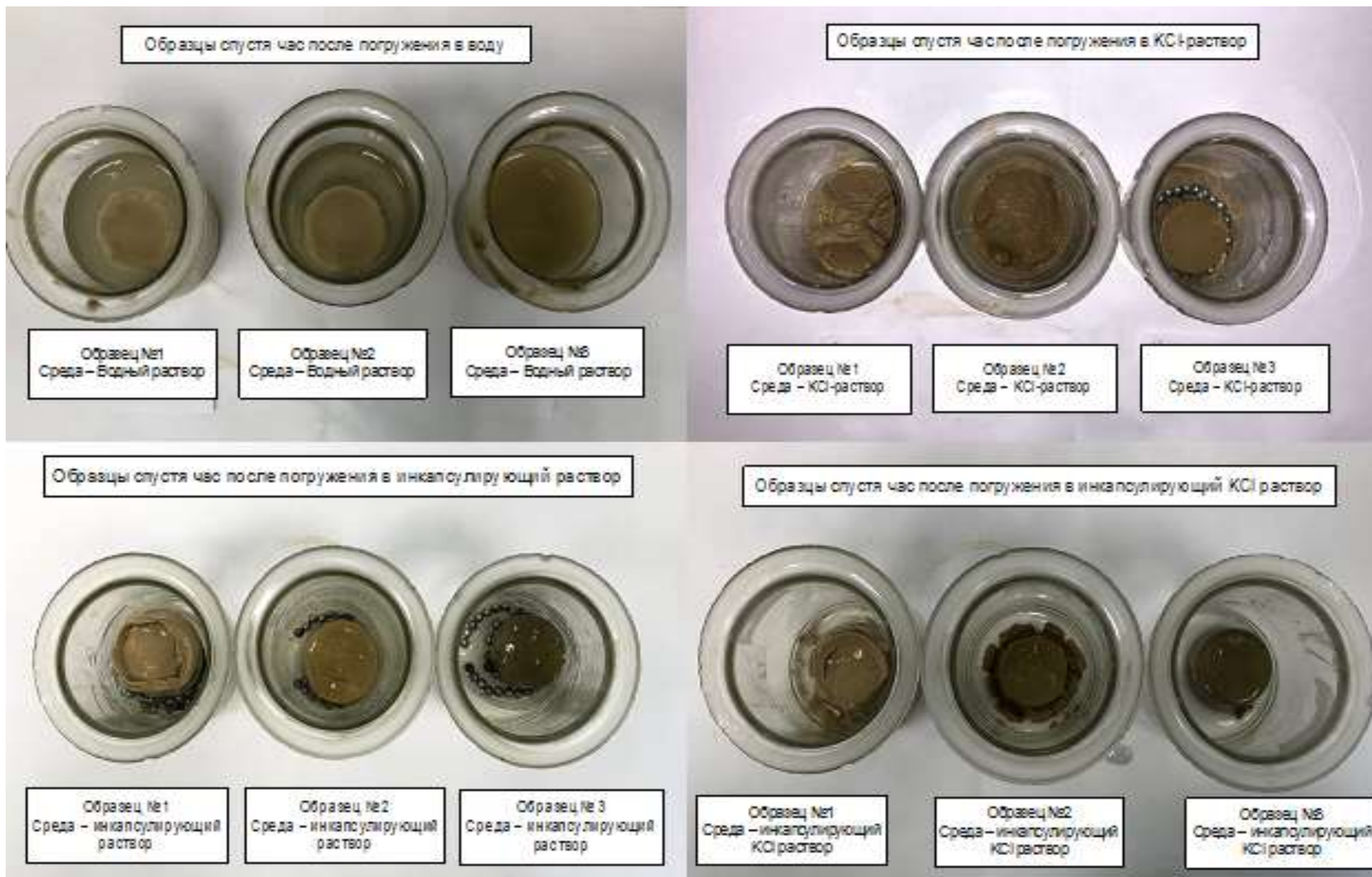


Рисунок 4 – Образцы спустя час исследования.

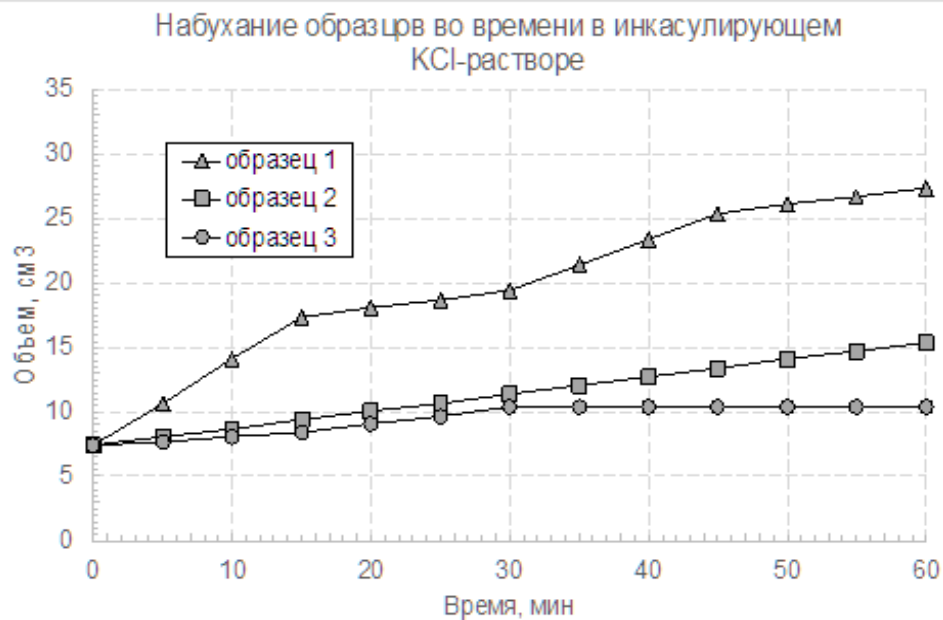
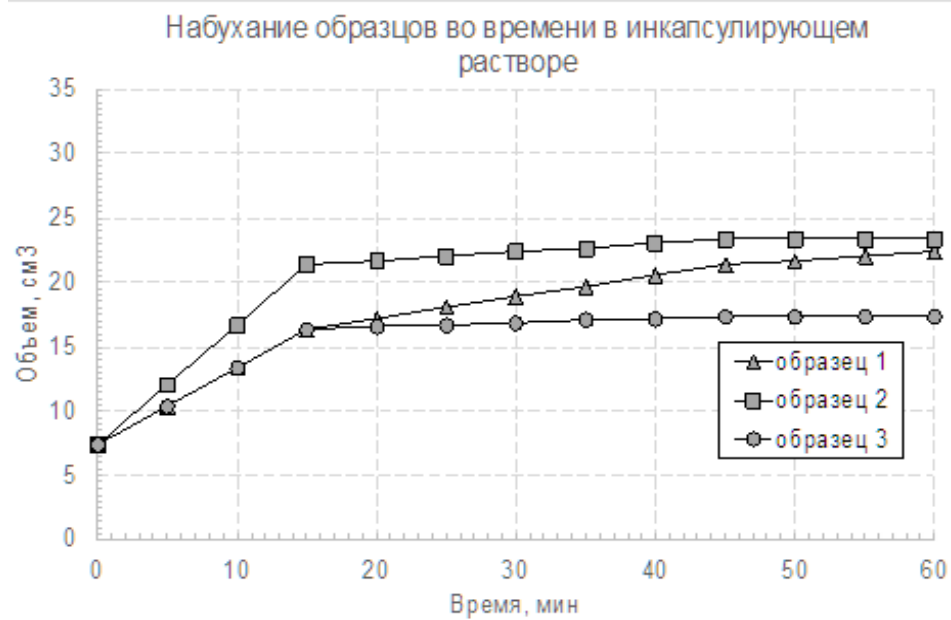
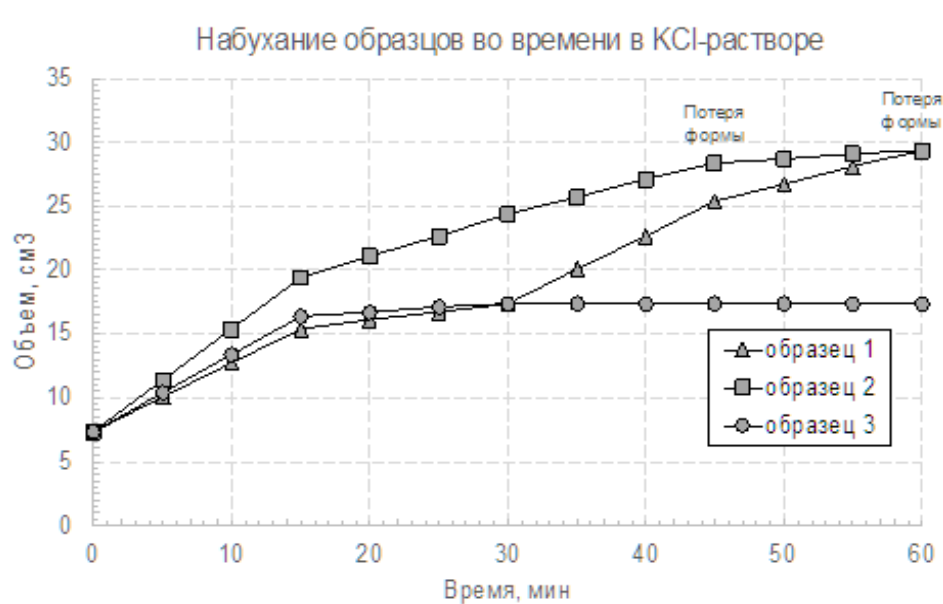
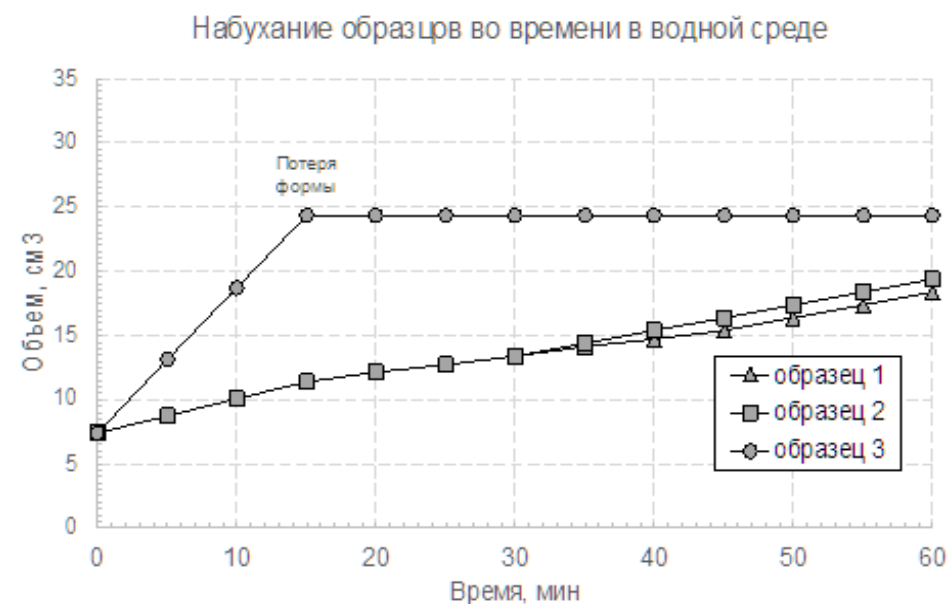


Рисунок 5 – Результаты исследования.

В данном исследовании наибольший интерес для изучения процесса набухания представлял образец под номером 3, являющийся глинистой породой, полученной непосредственно с места производственной практики. Ориентируясь на объемные изменения этого образца, были получены данные по наиболее эффективной среде, обеспечившей минимальные объемные изменения и сохранность образца. Этим условиям соответствует инкапсулирующий хлоркалийевый раствор, применение которого подразумевает синергетический эффект для обеспечения большей устойчивости глин.

Библиографический список:

1. Уляшева, Н.М. Технология буровых жидкостей [Текст]: учеб. пособие; в 2 ч.; ч. 1 / Н.М. Уляшева. – Ухта: УГТУ, 2008. – 164 с., ил.
2. Маковой, И. Гидравлика бурения Текст. : [пер. с рум.] / Н. Маковой. М.: Недра, 1986. -536 с.

УДК 622.244.442

К вопросу использования растворов на углеводородной основе на Чаяндинском месторождении

Паламарчук В. И.

Научный руководитель – Уляшева Н. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

С ростом объёмов бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин возросла актуальность проблем предупреждения осложнений, связанные с химико-физическим взаимодействием бурового раствора с горными породами, особенно с глинистыми породами. Именно по этой причине в последнее время многие буровые компании активно применяют инвертно-эмульсионные буровые растворы. Известно, что в процессе бурения РУО более стабилен, чем буровые растворы на водной основе [2]. Однако любые отклонения от проектных составов могут привести к определенным осложнениям и в известных исследованиях мало уделяют внимание возникающим проблемам [1]. В данной работе рассмотрен опыт использования эмульсионного раствора на Чаяндинском месторождении.

На Чаяндинском месторождении разработка продуктивных горизонтов ведётся кустовым методом с использованием наклонно-направленных скважин с большим отходом от вертикали и активным применением эмульсионных растворов на основе минерального масла в интервале спуска эксплуатационной колонны 800-2500м, состав которого представлен в таблице 1. Предпочтение данному виду бурового раствора обусловлено и горногеологическими условиями, а именно присутствием неустойчивых глинистых пород Паршинской свиты, невысокими пластовыми давлениями и необходимостью сохранения коллекторских свойств продуктивного горизонта [4].

На одной из скважин после бурения кондуктора (0-979 м.) был произведён перевод с глинистого раствора на водной основе на инвертно-эмульсионный раствор, который был ранее привезён с другого куста. Фактические параметры раствора не соответствовали программным, после чего было произведено пополнение свежеприготовленной эмульсией через БПР объёмом 10 м³ с последующей обработкой эмульгатором и известью. Параметры раствора до обработки и пополнения представлены в таблице 2.

Бурение интервала эксплуатационной колонны до глубины 1573 м по стволу и 1412 м. по вертикали происходило без значительных отклонений от программных параметров бурового раствора. С глубины 1573 м (по стволу) наблюдался рост плотности и пластической вязкости, особенно при наборе зенитного угла. Для очистки бурового раствора использовалась четырёхступенчатая система очистки: 3 линейных вибросита, на которых были установлены ситовые панели 200/160/160, пескоотделитель, илоотделитель и центрифуга для контроля плотности. Крупные частицы шлама легко выносились с поверхности сеток вибросит, более мелкие частицы, слипаясь между собой, образовывали вязкую корку из-за чего происходило «залипание» сеток. Было выдвинуто предположение, что закупоривание ячеек панелей

происходило из-за совпадения размеров частиц шлама и ячеек панелей. Поэтому было принято решение установить ситовые панели с размерами ячеек больших размеров, а именно 200/140/140. Однако, смена ситовых панелей не решила проблему с повышенной адгезией. Параметры раствора до начала бурения интервала и после отображены в таблице 3. Проблемы с ростом плотности и пластической вязкости продолжились и при бурении в интервале залегания пород Паршинской свиты (1923 - 2462м по стволу). В целях снижения пластической вязкости и плотности производилось пополнение рабочего объёма бурового раствора свежеприготовленной эмульсией.

Таблица 1 - Компонентный состав РУО

Название	Выполняемые функции	Средняя концентрация, кг/м ³
Base oil	Базовое масло	580
EZ MUL NTR	Эмульгатор	20
Lime	Источник кальция	20
Geltone II	Структурообразователь	6
RM 63	Модификатор реологии	1.5
Duratone HT	Понизитель фильтрации	5
Calcium carbonate fine	Карбонат кальция, кольматант, утяжелитель	60
BARAFLC W-490	Понизитель фильтрации	5
BARACARB 5	Утяжелитель, кольматант	20
BARACARB 50	Утяжелитель, кольматант	20
NaCl	Источник минерализации	60

Таблица 2 - Параметры привезённого РУО

Параметр	Факт	По программе
Плотность, г/см ³	1.08 (при температуре 10 С)	1.10 +- 0.03
Пластическая вязкость, сПз	43	12-35
ДНС, фунт/100 футов ²	5	10-18
СНС 10сек/10мин, фунт/100футов ²	2/4	5-20/10-30
Фильтрация, см ³ /30мин	1	4<=
ЭС, В	320	>=400
CaCO ₃ , кг/м ³	81	>=80
Содержание ионов хлорида	33000	>30000
Песок	0,5	-
Соотношение масло/вода	71/29	>=70
LSYP	0	4-8
Примечание: температура отбора пробы - 10° С. Температура замера реологии - 20° С		

Исходя из данных таблицы 3, по возросшим параметрам плотности и вязкости бурового раствора можно судить о наработке гидрофильной коллоидной фазы бурового раствора. Учитывая также вид шлама на виброситах, наработка коллоидной фазы произошла из-за смачивания частиц шлама водной составляющей бурового раствора, даже несмотря на высокое водонефтяное соотношение. Необходимо также учитывать и то, что наработка раствора происходила именно при бурении винтовым забойным двигателем в процессе набора зенитного угла, когда горная порода истиралась в мелкие частицы и именно эти частицы налипали на сетку вибросита. Причём стоит отметить, что параметры раствора на момент бурения в интервале глинистых пород находились в пределах допустимых значений (таблица 3).

Таблица 3 - Параметры раствора до и после бурения интервала эксплуатационной колонны.

Параметр	До начала бурения интервала	На момент окончания бурения (забой 1923 м)	По программе
Плотность, г/см ³	1.09 (при температуре 15° С)	1.12 (при температуре 20° С)	1.10+-0.03
Пластическая вязкость, сПз	35	39	12-35
ДНС, фунт/100 футов ²	10	9	10-18
СНС 10сек/10мин, фунт/100футов ²	5/14	5/8	5-20/10-30
Фильтрация, см ³ /30мин	1	1	4<=
ЭС, В	496	463	>=400
CaCO ₃ , кг/м ³	90	80	>=80
Содержание ионов хлорида	33000	35000	>30000
Песок	0,5	0,5	-
Водонефтяное соотношение	72/28	72/28	>=70
LSYP	4	2	4-8
Примечание: температура замера реологии 20° С			

Исследования, проведенные Д. Тироном [3], показали, что на смачивание гидрофильной фазы эмульсионным раствором оказывает влияние водомасленное отношение и наличие гидрофобизатора. Если для баритового утяжелителя достаточно определиться с водомасленным отношением и наличием гидрофобного структурообразователя, то присутствие гидрофильной коллоидной фазы требует более серьёзного подхода к оптимизации состава обратной эмульсии. Можно предположить, что одной из причин смачивания глинистого шлама водной составляющей бурового раствора является отсутствие в растворе гидрофобизатора. Гидрофобизаторы представляют собой поверхностноактивные вещества, которые обеспечивают смачивание твердой фазы углеводородной фазой бурового раствора. За счёт чего поверхность твёрдых частиц становится гидрофобной и не смачивается водой. Возможно применение гидрофобизирующего агента позволило бы решить проблемы с наработкой коллоидной фазы и с адгезией на поверхности ситовых панелей вибросит. Но и за высокой себестоимости использования данного химического реагента, а также отсутствия баритового утяжелителя в составе раствора его не используют на данном месторождении. Ещё одной причиной наработки коллоидной фазы могло служить использование в составе раствора хлорида натрия вместо хлорида кальция из-за чего не обеспечивается достаточное ингибирование глинистых частиц.

Таким образом, исходя из рассмотренного опыта применения РУО при бурении скважин Чайядинского месторождения в интервалах залегания аргиллитов можно предположить, что из-за наличия водной составляющей инвертно-эмульсионные растворы не являются полностью инертными к разбураиваемыми глинистыми породами. Они так же как и растворы на водной основе подвержены наработке коллоидной фазы, хоть и в меньшей степени, о чем можно судить по росту пластической вязкости и повышению адгезии шлама на ситовых панелях вибросит.

Предположение о том, что отсутствие гидрофобизатора в составе раствора могло привести к наработке требует экспериментального подтверждения. Также необходимо более детально рассмотреть физико-химические процессы при контакте бурового раствора на углеводородной основе с глинистыми породами.

Библиографический список:

1. Берзин А. Г., Рудых И. В. О строении и формировании залежей нефтяных месторождений на Чаяндинском и Талаканском месторождениях // Наука и образование. 2005. №4. С. 58–64
2. Орлов Г.А., Кендис М.Ш., Глуценко В.Н. Применение обратных эмульсий в нефтедобыче. М.: Недра, 1991. 53 с.
3. Тирон Д.В. Совершенствование технологии эмульсионных растворов бурения скважин в условиях повышенных забойных температур: дис. канд. техн. наук: 25.00.15. - УГТУ, Ухта, 2016 - 114 с.
4. Шишков, С.Н. Буровые растворы на неводной основе. Проблемы, перспективы развития и область применения. / С.Н. Шишков, В.Н. Кошелев, В.С. Шишков, В.Л. Заворотный // Специализированный журнал «Бурение и нефть». – 2008 г. – №3 – С. 26-29.

УДК 622.24.05

История развития наклонно-направленного бурения. От истоков к современности

Пыстин Г. С.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Способ проводки скважин, при котором скважина бурится под определенным углом получил название наклонно-направленного бурения. Преимущества наклонно-направленного бурения (ННБ) скважин следующие:

1. Экономия времени и ресурсов. Наклонно-направленное бурение позволяет достичь нужного места на глубине быстрее и с меньшими затратами, чем при вертикальном бурении.

2. Доступ к труднодоступным местам. Наклонно-направленное бурение позволяет добраться до мест, которые недоступны для вертикального бурения из-за геологических особенностей строения разреза или других препятствий (например, удаленное расположение продуктивного пласта, вне суши).

3. Улучшение качества разработки. Наклонно-направленное бурение позволяет более точно определить местоположение и характеристики месторождения, что повышает эффективность разработки месторождения.

4. Сохранение окружающей среды. Наклонно-направленное бурение позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду, так как подразумевает четко планируемую сетку бурения скважин на месторождении.

Наклонно-направленное бурение является более эффективным и экологически безопасным методом для строительства скважин и разработки месторождений, в целом.

Первоистоки ННБ

Бурение наклонно – направленной скважины было впервые произведено в начале XX века. Основоположниками данного метода можно считать трио американских нефтяников: Джона Истмана, Романа Хайнса и Джорджа Фейлинга, применивших эту технологию в 1934 году для строительства нефтяной скважины в Техасе, на месторождении Конро. Что касается России, то в Советском Союзе впервые данный метод применили для добычи нефти из труднодоступного месторождения (на Баилловской горе Биби-Эйбате) в 1941 году под руководством азербайджанского нефтяника Ага Нейматулла.

Развитие наклонно – направленного бурения было постепенным, так как технологические возможности находились в стадии раннего развития. Первым устройством, позволившем изменять положение КНБК стал клиновидный отклонитель. На момент строительства первых скважин пробуренных по типу ННБ не существовало технологий, позволяющих определить точное положение инструмента в пространстве во время бурения, что приводило к ошибкам, связанным с точностью вхождения в продуктивную зону.

Винтовые забойные двигатели стали использоваться в середине 60-х годов как альтернатива турбобурам для наклонно-направленного бурения в США, а в СССР они служили средством для привода низкооборотных долот. В последние годы в технике и технологии бурения скважин произошли значительные изменения, и винтовые забойные двигатели стали основной частью современных технологий [1].

Позже, в СССР, наряду с забойными двигателями, стали использовать электробуры с кривым переводником. Использование метода кустового бурения, подразумевающего под собой строительство скважин на небольшом отдалении друг от друга, выявило проблему пересечения стволов. Пересечения объяснялись высокой плотностью сетки бурения на сравнительно небольшой площади и несовершенством технологии бурения и отклонения при проводке скважин.

В 1963г. в результате совместной работы группы инженеров-проектировщиков и горных инженеров была разработана система автоконтроля комплекса глубинных параметров САКПП-63 для электробурения с передачей на поверхность информации о зенитном угле, угле установки отклонителя, давлении и температуре на забое, напряжения на зажимах электробура во время бурения, что позволило поучить более детальную информацию о фактическом бурении в реальном времени. Эта система, благодаря постоянному усовершенствованию, стала основой телеметрической системы СТЭ - разработке Харьковского СКТЬ ПЭ «Потенциал» и института электромеханики при участии ВНИИБТ получившей широкое применение в конце 60-х годов. Усовершенствованная модель позволила передавать следующие параметры [2]:

- зенитный угол;
- азимут;
- положение отклонителя;
- нагрузка на долото;
- число оборотов электробура;
- крутящий момент.

Пик активного совершенствования и развития отклоняющих систем происходит в 70–90-е гг. прошлого столетия с использованием винтовых забойных двигателей. В этот период развиваются теория и методика применения компоновок нижней части бурильной колонны для снижения интенсивности естественного искривления вертикальных и наклонных стволов, для управления направлением скважин малого диаметра в анизотропных породах. Наряду с маятниковыми компоновками, которые оказались эффективны только при бурении скважин большого диаметра (не менее 200 мм), были разработаны разнообразные жесткие компоновки, наддолотные стабилизирующие устройства, специальные УБТ, в том числе УБТ стабилизаторы, а также компоновки динамической стабилизации – эллиптические УБТ (УБТЭ). Скважинная телеметрия осуществлялась на основе гидравлического канала связи. В СССР в 1980 г. [3] внедрена в производство телеметрическая система ЗИС-1 с электромагнитным каналом связи. С 1991 г. модернизированные забойные телесистемы с беспроводным электромагнитным каналом связи типа ЗИС-4 используются для проводки горизонтальных скважин.

Существенное влияние на развитие наклонно-направленного бурения в 90-х годах XX века оказало применение технологии бурения с роторно – управляемыми системами (РУС). Это позволило значительно повысить точность прохождения заданной траектории и вероятность попадания в необходимые геологические цели. Несмотря на свою дороговизну, РУСы доказали свою эффективность и оправдали капиталовложения. В 1996 году компания "Бейкер Хьюз" разработала интеллектуальную роторную забойную телеметрическую систему, которая значительно улучшила процесс бурения скважин с большим отклонением от вертикали. Система "AutoTrak" обеспечивала автономность контроля процесса бурения и управление траекторией скважины благодаря геонавигации [4].

Геонавигация стала практически возможной только с появлением в начале 1990-х годов приборов от основных производителей LWD (BakerHughes Reservoir Navigation Tool и Schlumberger), с одномоментным развитием области программного обеспечения для прямого моделирования, способного прогнозировать информацию с зондов удельного сопротивления для различных относительных углов и удельных сопротивлений пласта. До этого гамма-излучение давало ограниченную информацию о пласте и редко использовалось для динамической корректировки траектории скважины. Разработка ядерных зондов для определения пористости, чувствительных приборов для определения гамма-излучения и удельного сопротивления усовершенствовали методы планирования траектории проводки скважин.



Рисунок 1 – Система "AutoTrak" компании BakerHughes.

В настоящее время, в связи со сложившейся экономической ситуацией, иностранные компании, предоставляющие системы телеметрии (Baker Hughes, Schlumberger и Halliburton) были вынуждены покинуть рынок нефтесервисных технологий в России. В результате чего подразделения этих компаний, действующие на территории нашей страны, остались без технической поддержки со стороны производителей, а в дальнейшем перешли в обособленные предприятия со сменой названия. Это повлекло за собой достаточно большую проблему, заключающуюся в невозможности поставок новых систем и отправки на сервисное обслуживание уже имеющегося оборудования. Благодаря этой ситуации российские компании получили шанс занять опустевший сегмент рынка и увеличить темпы разработки технологий, способных конкурировать с уже имеющимся иностранным оборудованием. На сегодняшний день одним из лучших примеров импортозамещения является разработка компании «БУРИНТЕХ» РУС-ГМ-195 (рисунок 2) [5]. Данная роторно-управляемая система имеет гидромеханический принцип действия, что повышает её надёжность. Эта система универсальна и совместима с ныне используемым оборудованием для телеметрии.

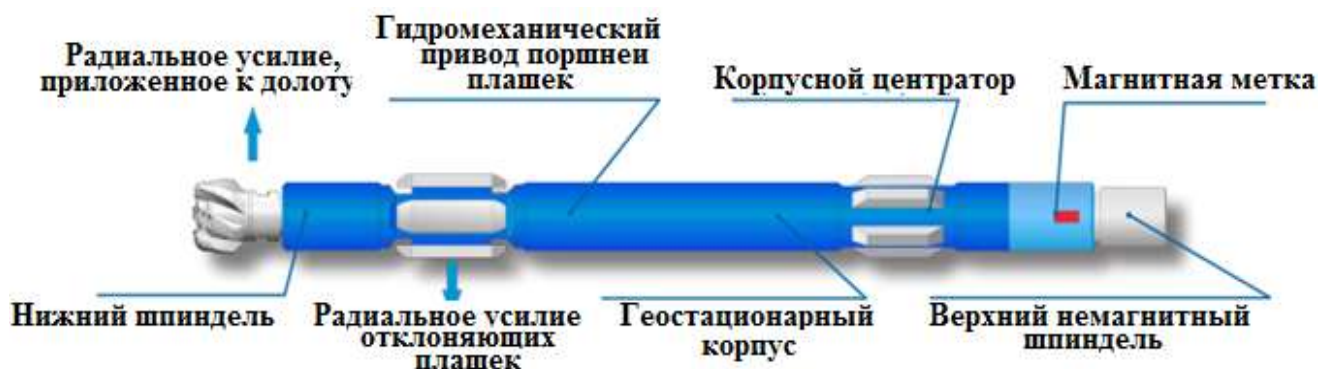


Рисунок 2 – РУС-ГМ-195 компании БУРИНТЕХ.

Библиографический список:

1. Босиков, И. И. Бурение наклонных, горизонтальных и многозабойных скважин [Текст] / И. И. Босиков — 1-е издание. — Владикавказ: ФГБОУ ВО СКГМИ (ГТУ), 2020 — 212 с.
2. Ковшов, Г. Н., Коловертнов, Г. Ю. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении. [Текст] / Г. Н. Ковшов, Г. Ю. Коловертнов — 1-е издание. — Уфа: УГНТУ, 2001 — 228 с.
3. Мухаметгалиев, И. Д. Развитие технологий и технических средств бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин [Текст] / И. Д. Мухаметгалиев — 1-е издание. — Уфа: ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2022 — 126 с.
4. Юсупова, Г. И. Анализ каналов связи «забой — устье» / Г. И. Юсупова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 13 (355). — С. 48-51. — URL: <https://moluch.ru/archive/355/79466/> (дата обращения: 24.03.2024).
5. БУРИНТЕХ РУС-ГМ-195 / БУРИНТЕХ [Электронный ресурс] // <https://burintekh.ru> : [сайт]. — URL: <https://burintekh.ru/products/rotorno-upravlyaemye-sistemy/rss-gm-195/> (дата обращения: 24.03.2024).

Сравнительный анализ результатов исследований полимеров на основе целлюлозы и экзополисахаридов, используемых для регулирования реологических и фильтрационных характеристик буровых растворов

Варанкина Ю. А.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Правильный выбор технологической жидкости, используемой для сопровождения механического разбуривания горных пород, определяет значительный процент успешной проводки скважины. Химическая обработка имеет важнейшее значение в технологии приготовления буровых растворов, а правильный выбор материалов и реагентов влияет, в том числе, на экономическую нагрузку при строительстве скважин, связанную с стоимостью промывочной жидкости. Поэтому использование в качестве компонентов буровой жидкости качественных реагентов, способных при малых концентрациях обеспечивать легкость технологии приготовления и еще более значимый фактор – легкость технологии регулирования контролируемых параметров буровой жидкости представляет значимый экономический интерес. Полимерные буровые растворы давно и уверенно заняли свою нишу в технологии промывки, на сегодняшний день являясь одной из наиболее востребованных буровых промывочных жидкостей.

Рынок технологических добавок, обеспечивающих необходимые структурообразующие, вязкостные и фильтрационные характеристики буровых растворов, а также дополнительные свойства, связанные с снижением трения или повышением ферментативной стойкости – огромен. Часто неизвестные компании выпускают аналоги полимеров, спецдобавок, под разными названиями, позиционируя свою продукцию как полностью идентичную по своим свойствам и характеристикам реагентам известных марок. Фактические же исследования таких реагентов в лабораторных условиях показывают, что, например, полимер имеет не достаточную степень очистки или не соответствует вязкостным характеристикам, заявленным в паспорте.

Анализ производственного материала и научной литературы выявил, что одной из частых проблем при работе с полимерами органического вида является потеря стабилизирующих свойств, особенно если такие соединения имеют нарушения условий хранения. Поэтому было решено провести экспериментальное исследование, цель которого заключалась в оценке поведения ряда полимерных реагентов органической природы в условиях длительного хранения, на примере реагентов на основе целлюлозы и экзополисахаридов.

Задачи исследования:

- 1) Аналитический обзор научной литературы по исследуемой теме.
- 2) Разработка методики проведения экспериментального исследования.
- 3) Проведение экспериментального исследования и обработка полученных результатов.

В первую исследуемую группу, в которую были включены представители анионных полиэлектролитов, вошли реагенты на основе целлюлозы (рисунок 1). Эфиры целлюлозы и их модификации используются в качестве загущающих добавок, также могут использоваться в качестве регуляторов фильтрации. Первые реагенты на основе целлюлозы были очень чувствительны к минерализации, но модификация позволила расширить спектр использования усовершенствованных реагентов. Для проведения экспериментальной части были выбраны следующие полимеры:

CARBOCEL ENV-API- карбоксиметилцеллюлоза очень высокой вязкости, при обработке буровых растворов используют в качестве загустителя (структурообразующий реагент).

ПАЦ-В- полианионная целлюлоза, высоковязкая, эффективна во всех типах буровых растворов на водной основе, включая растворы на насыщенной солью воде.

Poly Pac R— высококачественная модификация полианионной целлюлозы, предназначенная для регулирования уровня водоотдачи буровых растворов на водной основе.

CARBOCELL LV- КМЦ низкой вязкости, используется для снижения фильтрации.

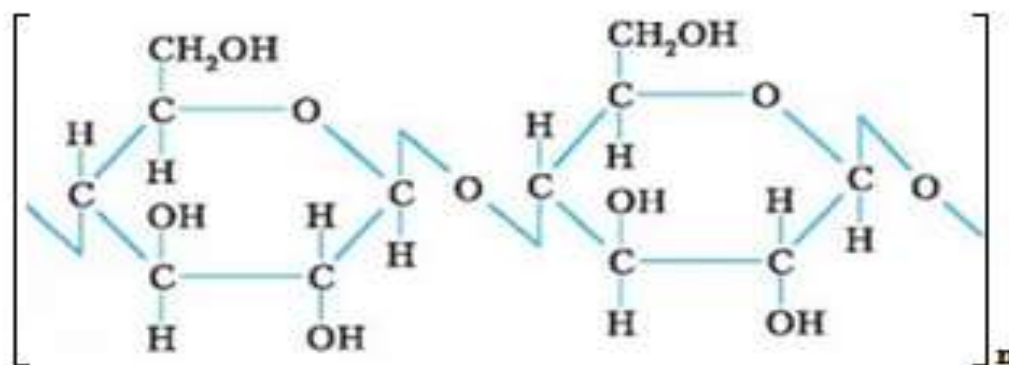


Рисунок 1- Структура молекулы целлюлозы.

Во вторую исследуемую группу вошли модификации полисахаридов, реагенты экзополисахариды (рисунок 2), на основе бактерий ксантана (*Duo Vis*, *Биоксан*, *Гамаксан*, *Ксантан*).

Экзополисахариды – это высокомолекулярные полимеры, состоящие из остатков сахаров, которые секретируются микроорганизмами в окружающую их среду и могут служить барьером между клетками и окружающей средой, а также для прикрепления к твёрдым поверхностям. Используются для регулирования реологических свойств растворов и фильтрации.

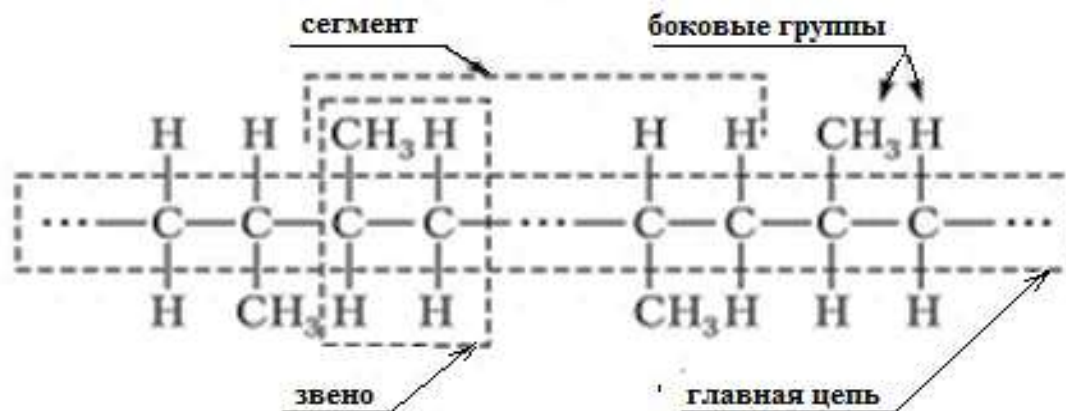


Рисунок 2- Структурная формула экзополисахарида.

Для проведения исследования на основе литературного анализа [1] выбирались технологические параметры буровой промывочной жидкости, по которым легко можно выявить начальные признаки деструктивных изменений в буровых растворах: реологические свойства и фильтрационные характеристики.

Методика проведения эксперимента включала в себя следующие этапы:

Определение оборудования для проведения эксперимента. В качестве основного оборудования использовались следующие приборы: ареометр, реометр FANN SA-35, фильтр-пресс FANN с модулем давления CO₂ (рисунок 3).

Подготовка экспериментальных образцов. В качестве исследуемой жидкости, имитирующей буровой раствор, использовалась глинистая суспензия, плотность которой составила 1030 кг/м³. Суспензия была приготовлена в объеме 3600 мл для каждой из исследуемых полимерных добавок. Концентрация полимерного реагента, для удобства работы с расчетами, составила 0,5%. В растворы реагенты вводились в товарном виде.

Проведение эксперимента. Длительность экспериментально исследования составила 6 суток. Ежедневно производилась оценка реологических свойств и фильтрационных характеристик. Оцениваемые показатели раствора вносились в Excel в виде табличных данных, пример представлен на рисунке 4. Сравнительный визуальный анализ изменения структуры и цветности фильтрационных корок в начале и конце эксперимента представлен на рисунке 5. Порция раствора, изымаемая для опыта, по завершении оценки отслеживаемых параметров выкидывалась.



(ареометр, реометр FANN SA-35, фильтр-пресс FANN с модулем давления CO₂)

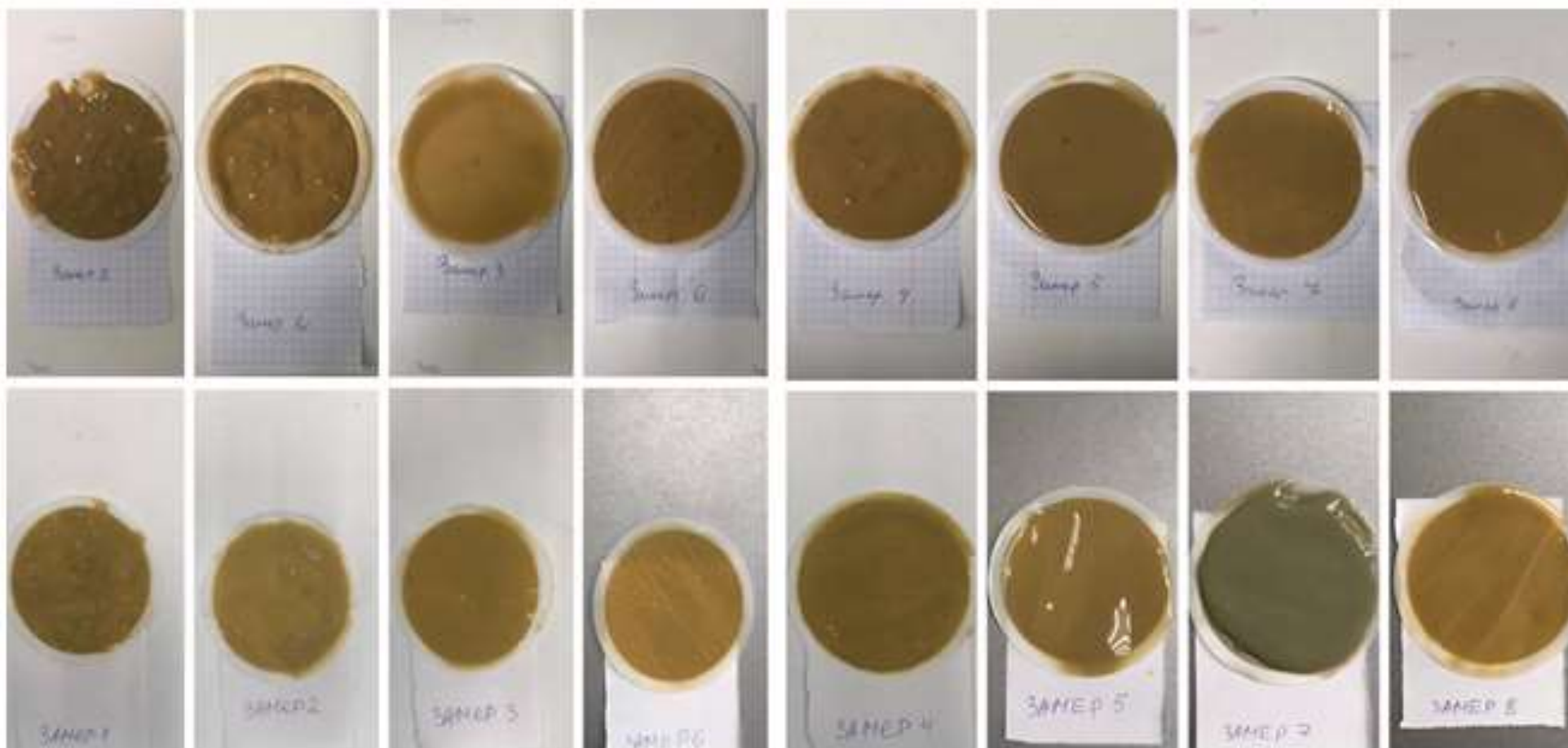
Рисунок 3 - Основное оборудование для проведения эксперимента.

Вид добавки	ДНС, дПа	Пластическая вязкость, сПз	θ_1 , дПа	θ_{10} , дПа	Φ_{30} , мл	Корка, мм
CARBOCEL ENV-API	38,4	24	9,6	14,4	4	1,5
ПАЦ-В	216	25	201,6	259,2	8	1
5-Poly Pac R	86,4	19	33,6	57,6	2	1,5
CARBOCELL LV	14,4	6	9,6	96	12,4	1
Xantan	134,4	12	72	72	11	1
Duo Vis	216	26	91,2	100,8	14	1
БНОКСАН	182,4	14	62,4	81,6	14	1
ГАМАКСАН	129,6	11	288	336	13,2	1

Рисунок 4 - Оцениваемые показатели раствора.

4) Обработка полученных данных. По истечении всего периода экспериментального исследования данные обрабатывались, после чего, на основе полученных результатов реологии и фильтрации, строились графические зависимости по каждому из исследуемых полимеров. На основе полученных результатов были определены наиболее стойкие к временной деструкции реагенты. Данные полимеры будут использоваться в последующем исследовании, более детально, с включением в эксперимент дополнительных факторов. Частичные результаты проведенного исследования, на примере показателя динамического напряжения сдвига (τ_0), представлены ниже (рисунки 6 и 7).

В заключении работы необходимо отметить, что на степень устойчивости исследуемых реагентов к деструктивным разрушениям, в том числе, ферментативному размножению, существенное влияние оказывают как временной период использования, так и присутствие химических добавок, способствующих снижению скорости разрушения органических полимеров, что будет исследовано нами в дальнейшем. Так как на сегодняшний день полимерные реагенты это одни из наиболее востребованных добавок в технологии растворов, важно детально исследовать эти реагенты как в статических, так и в динамических условиях.



а

б

а) полимеры модификации целлюлозы б) экзополисахариды

Рисунок 5- Фильтрационные корки исследуемых растворов.

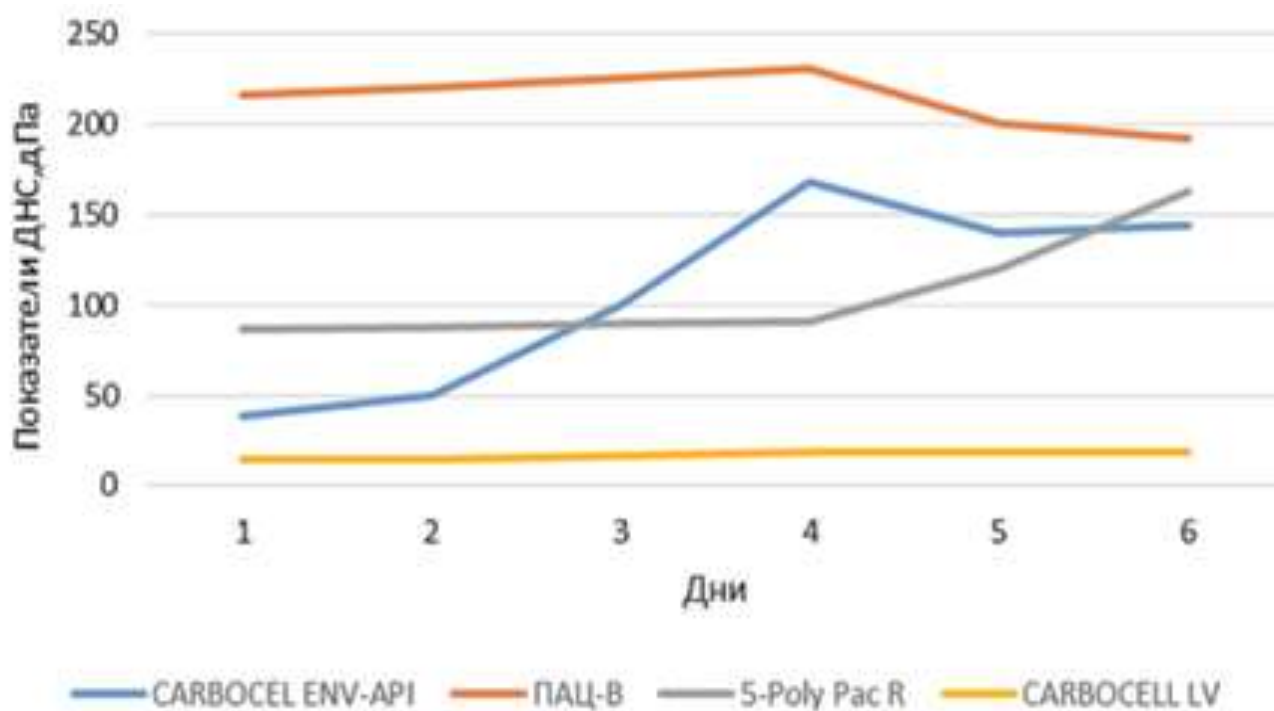


Рисунок 6 - Изменение динамического напряжения сдвига (τ_0) на примере модификаций целлюлозы.

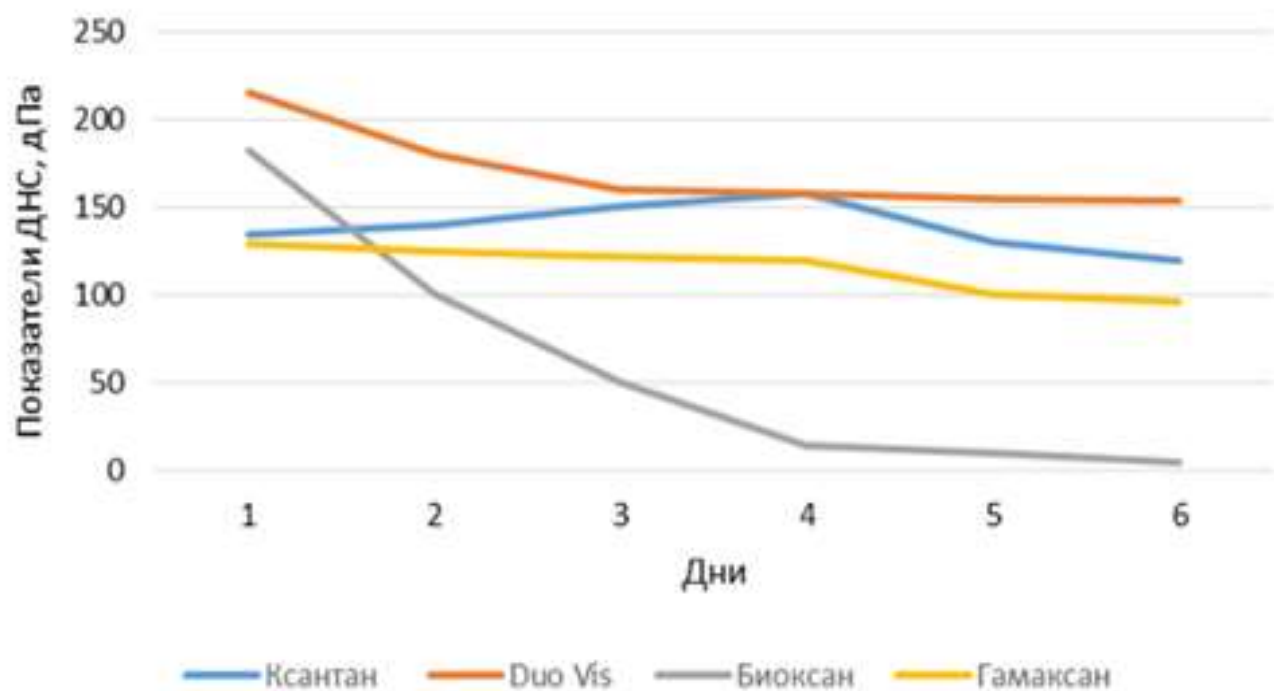


Рисунок 6 - Изменение динамического напряжения сдвига (τ_0) на примере экзополисахаридов.

Библиографический список:

1. Цуканова А.Н., Уляшева Н.М. Деструкция органических полимерных соединений и ее роль в увеличении показателя водоотдачи // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2022. – № 9(357). – С. 20–25. – DOI: 10.33285/0130-3872-2022-9(357) -20-25

Исследование влияния времени и температурного фактора на изменение структурно-механических свойств и реологических характеристик глинистых растворов, содержащих полимерные реагенты

Дымов В. А.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

История применения технологических жидкостей для промывки скважин составляет почти два столетия, начало которой - попытка применения воды в канатном бурении. Первоначально основной целью использования было две функции: вынос выбуренной породы с забоя и создание дополнительного усилия для разрушения породы. С расширением технологических возможностей и ростом глубин бурения, список технологических функций буровых растворов тоже увеличился. Это стало одной из основных причин пересмотра как технологии промывки скважин, так и технологии приготовления буровых растворов, с обеспечением возможности сохранности основных технологических функций, за счет регулирования параметров раствора в любой момент бурения. Для чего в компонентный состав промывочной жидкости стали включать различные химические реагенты.

Одними из первых реагентов для буровых растворов показавших хорошие результаты, стали реагенты природного происхождения на базе гуматов. Именно с углещелочного реагента, благодаря предложению советских ученых В.С. Баранова и З.П. Букса, началась история использования полимерных соединений органического происхождения в качестве компонентов буровых жидкостей. Условная классификация для полимерных реагентов, предложенная В. П. Овчинниковым и др. [1], наглядно отражает, какое количество полимеров органической природы задействовано на сегодняшний день в буровой промывочной химии (рисунок 1).

Данные химические соединения способны существенным образом корректировать реологические параметры, изменять структурно-механические свойства и влиять на фильтрационные характеристики буровых промывочных жидкостей, даже при минимальных концентрациях. Но существенным недостатком этих реагентов является относительная стойкость по отношению к различного вида деструкциям, механического, светового, термического, кислотного, биологического характера. Эта зависимость способна привести к полной дестабилизации, в результате чего утрачиваются требуемые технологические параметры и функции растворов, что может привести к неблагоприятным последствиям в виде осложнений и аварий, вплоть до потери скважины.

Отследить пошагово процесс деструкции буровых растворов в реальных условиях бурения не представляется возможным, так как задействовано множество факторов, способных влиять на параметры реологии и фильтрации, не связанных с непосредственно конкретным фактором. Лабораторный эксперимент, в свою очередь, позволяет выделить один или несколько факторов деструкции и изучить его максимально детально. Именно поэтому было решено провести исследование, целью которого является анализ реологических параметров глинистых суспензий, обработанных полимерными реагентами природного и синтезированного происхождения, в зависимости от температуры и времени. Для выполнения цели исследования были определены основные задачи, включающие аналитический обзор научной литературы и научных публикаций по оценке влияния различных факторов на деструктивные изменения полимерных реагентов; изучение оборудования для выполнения такой оценки, проведение опытов по определенной методике и анализ полученных опытным путем данных.

Эксперимент проводился в учебной лаборатории, предназначенной для изучения технологических свойств и параметров буровых растворов, на кафедре БМОН и ГП Ухтинского государственного технического университета. Основные этапы эксперимента включали следующие шаги: выбор полимерных реагентов для исследования; выбор оборудования и приборов для проведения эксперимента; приготовление глинистой суспензии заданной плотности, в качестве имитации бурового раствора; обработка полученного раствора водными растворами полимерных реагентов; проведение эксперимента; обработка и анализ полученных данных.

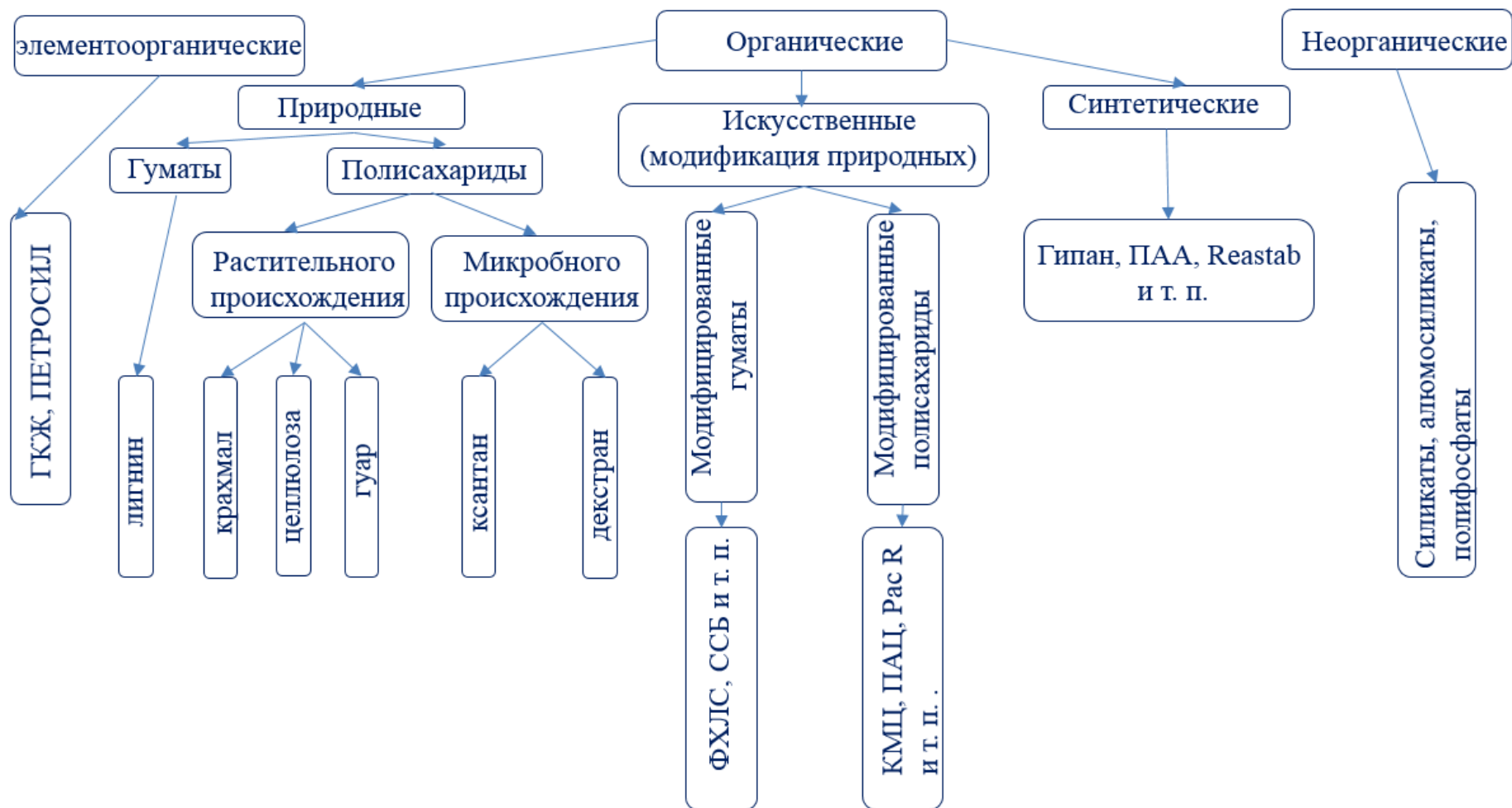


Рисунок 1 - Классификация полимеров.

В группу исследуемых реагентов вошли следующие полимерные соединения: PAC – LE, PAC – RE, PAC – UL, XANTHAN, XANTHAN – PETROEL, БИОКСАН. Водные растворы этих полимеров (рисунок 2) в концентрации 1% и 5% использовались для обработки имитации бурового раствора (рисунок 3). Выбор этих реагентов был сделан на основании результатов исследований, проведенных ранее, когда были получены данные о наиболее устойчивых по сохранности водородного показателя органических полимерах [2].

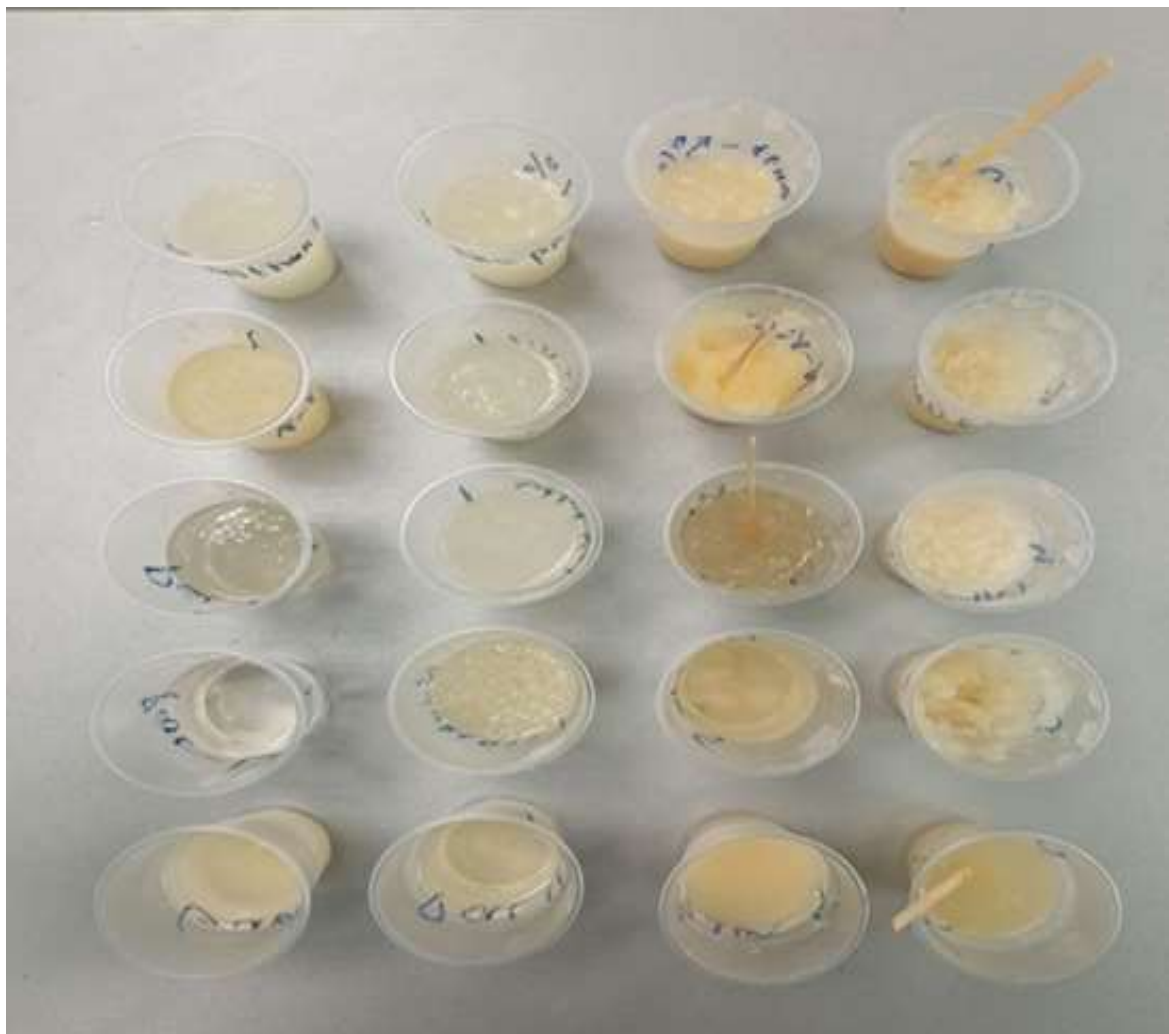


Рисунок 2 - Водные растворы исследуемых полимеров.

Оценка структурно-механических свойств и реологических характеристик выполнялась на шестискоростном ротационном вискозиметре ВСН – 3, с подключением его к водонагревателю-термостату (рисунок 4), предназначенному для последовательного изменения температуры (диапазон температуры 5⁰С - 95⁰С) в измерительном стакане за счет циркуляции нагреваемой воды через специальные шланги, соединяющие водонагреватель-термостат и замерочный стакан прибора.

Продолжительность экспериментального исследования составила восемь суток. Исследуемые параметры (показания прибора при частотах вращения 600;400;300;200; оборотов в минуту, а также замеры для расчета структурно-механических свойств, при частотах 600; 0,2 оборота в минуту (за одну и десять минут состояния покоя)) замерялись раз в сутки. В результате обработки полученных данных были построены графические зависимости, отражающие влияние временного и температурного факторов на реологические характеристики и структурно-механические свойства исследуемых буровых растворов. Частичные результаты проведенного исследования, на примере изменения параметра реологии Динамическое напряжение сдвига (τ_0), представлены ниже. Контрольные точки температуры в эксперименте 20⁰С и 40⁰С (рисунок 5 а, 5 б).



Рисунок 3 - Глинистые суспензии, обработанные полимерами.



Рисунок 4 – Оборудование для проведения эксперимента.

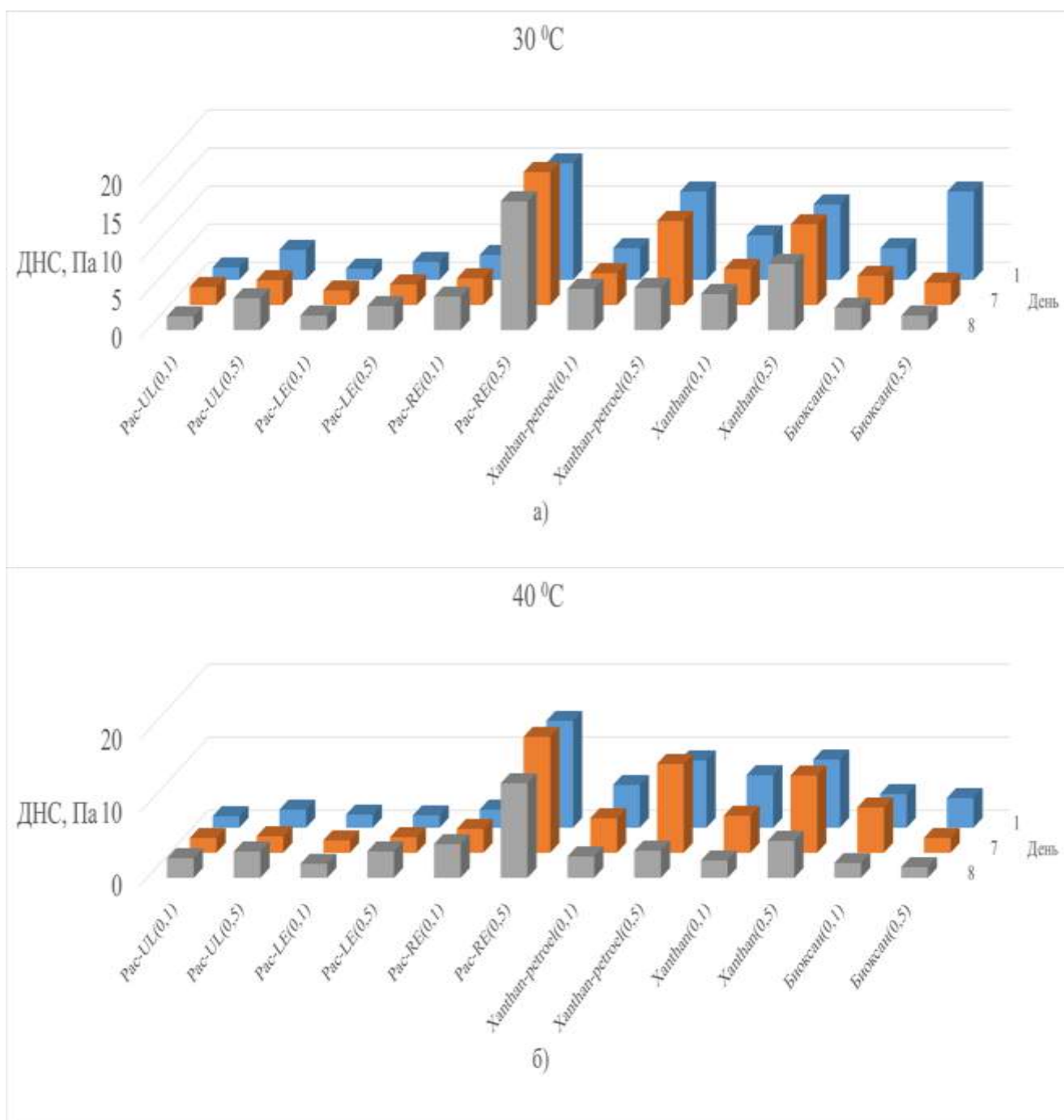


Рисунок 5 – Результаты исследования.

В приведенных графических зависимостях наглядно отслеживается, что в условиях температурных отклонений наиболее стабильными показали себя образцы имитации буровых растворов, содержащие реагенты на базе модифицированной целлюлозы. Для данных растворов характерны плавные снижения реологических характеристик с постепенным снижением структурно-механических свойств, в конце эксперимента образцы-имитаторы сохраняли свою структуру, не показывая визуальных изменений, связанных с потерей агрегативной устойчивости или изменения цветности. В образцах имитаторах буровых растворов, содержащих реагенты экзополисахариды, наиболее стабильное поведение показали образцы-имитаторы бурового раствора, обработанные реагентами на основе *Xanthomonas campestris*: XANTHAN-PETROEL (0,1%), XANTHAN (0,1 и 0,5 %), при контрольной температурной точке 30°C. В условиях повышения температуры на десять градусов, до 40°C, снижение реологических параметров наблюдалось во всех растворах, содержащих ксантановые полимеры.

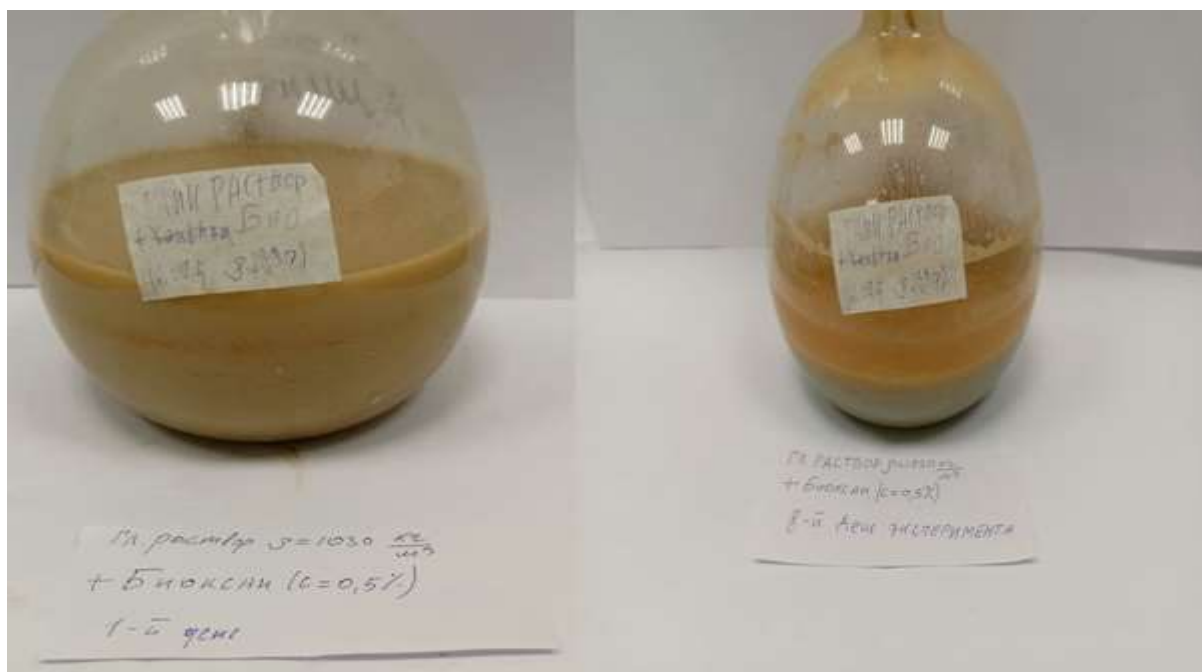


Рисунок 6 – Глинистый раствор, обработанный биополимером Биоксан (0,5 %) на первые и восьмые сутки эксперимента.

Что касается визуальной оценки изменений в исследуемых растворах, то наиболее контрастным показал себя образец-имитатор бурового раствора, содержащего экзополисахарид Биоксан, в концентрации 0,5 % (рисунок 6), в конце эксперимента дисперсная фаза полностью выпала в осадок с изменением цветности (серо-зеленый оттенок), вследствие резвившейся микробиологической деструкции.

Результаты данного исследования подтвердили взаимосвязь временного и температурного факторов и их влияние на реологические характеристики и структурно-механические свойства образцов-имитаторов буровых растворов. Увеличение периода хранения с периодическими колебаниями температур в эксперименте негативно отразилось на всех образцах-имитаторах, но наибольшему влиянию оказались подвержены реагенты биополимеры, что частично опровергает ряд научных публикаций, характеризующих данные органические полимерные реагенты наиболее стабильными по отношению к микробиологической деструкции. Согласно анализа научных публикаций в данной области исследования, для предотвращения ферментационных изменений буровых растворов, содержащих органические полимеры, используют специальные добавки антиферментативного действия, так называемые бактерициды. Тем не менее, аналитические и экспериментальные исследования, показывают, что такая обработка малоэффективна, когда нет четкой методики, определяющей периодичность обработки и концентрацию бактерицидной добавки, что создает оптимальные условия для формирования резистентности к бактерициду [3].

Библиографический список:

1. Полимерные буровые растворы. Эволюция "из грязи в князи" / В. П. Овчинников, Н. А. Аксенова, Л. А. Каменский, В. А. Федоровская // Бурение и нефть. – 2014. – № 12. – С. 24-29.
2. Дымов, В. А., Цуканова А. Н. Влияние компонентного состава на сохранение технологических характеристик промывочной жидкости и, как следствие, на фильтрационно-емкостные свойства коллекторского пласта / В. А. Дымов, А. Н. Цуканова // Севергеозкотех-2023 : Материалы XXIV Международной молодежной научной конференции, Ухта, 30–31 марта 2023 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Ухтинский государственный технический университет, 2023. – С. 124-128.
3. Цуканова А. Н., Уляшева Н. М. Химические и технологические аспекты ферментативной неустойчивости полимерных реагентов / А.Н. Цуканова, Н. М. Уляшева// Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых: тезисы докладов V всероссийской конференции. – Пермь, 2012. – С. 39.

Анализ современных систем промывочных жидкостей при проводке скважин в разрезах, представленных терригенными породами

Вяткин К. В.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Терригенные породы, относящиеся к осадочным горным породам, представляют собой обломочные фракции минералов, разной текстуры и структуры, могут быть крупнозернистыми или мелкозернистыми, а также включать незначительное количество органики. Присутствие таких пород в геологическом разрезе способствует вероятности возникновения ряда осложнений в процессе бурения, которые легко предотвратить, если правильно подобрать буровую промывочную жидкость и ее компонентный состав.

Так как данные породы образованы вследствие физических процессов, таких как выветривание, эрозия, накопление осадков, а также химических процессов – окисления, карбонатизации и др., то взаимодействие их с буровым раствором, с точки зрения физико-химических процессов, достаточно активное. Основной состав терригенных отложений выглядит следующим образом: алевриты; песчаные породы; суглинки и глинистые породы; иловые породы; гравелиты.

Все вышеперечисленные породы различны как по своим физико-механическим свойствам, так и по фракционному и химическому составу, степени изменений относительно исходных минералов, наличию и типу цемента.

Основными особенностями таких пород является:

- неоднородность: терригенные породы сложены частицами различного фракционного и минерального состава, как отмечено выше, из-за чего имеют очень сложную структуру;
- большая пористость и проницаемость, вследствие чего данные породы часто являются хранилищами нефти, газа и конденсата;

Процесс разбухания данных отложений осложняется осыпями и обвалами, диаметральным сужением ствола, вследствие чего могут возникать затяжки и посадки инструмента, что приводит к вероятности прихватов, поломке инструмента. Поэтому при прохождении таких интервалов необходимо обеспечивать оптимальные режимы бурения, а также постоянный контроль качества буровых жидкостей, его структурно-механических свойств, реологических параметров и фильтрационных характеристик [1].

Как известно, любая буровая промывочная жидкость, должна обеспечивать: низкие значения мгновенной фильтрации и водоотдачи; приемлемую допустимую плотность для обеспечения противодействия на неустойчивые стенки; достаточные реологические характеристики для обеспечения качественной очистки ствола скважины от шлама; низкое содержание частиц твердой фазы и МБТ; быть термостойкой; легкость технологии приготовления и обработки для обеспечения требуемых параметров.

Современный рынок промышленной химии значителен и насчитывает свыше тысячи наименований разных химических реагентов, специальных добавок, присадок, материалов. Кроме того, крупные сервисные компании занимаются разработкой собственной химии и систем буровых растворов для выполнения работ в различных горно-геологических условиях бурения, с учетом местных особенностей сложения горных разрезов и планируемых экономических расходов, часто преднамеренно повышая стоимость своих услуг за счет использования дополнительного оборудования, которое не является необходимым. Поэтому вариации рецептур одних и тех же видов буровых растворов у разных сервисных подрядчиков могут очень отличаться, как по компонентному составу, так и по своей стоимости.

Данная исследовательская работа базируется на промышленной информации, собранной в ходе производственной практики, проходившей на территории Уренгойского НГКМ. Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение на сегодняшний день занимает третье место в мире по объему запасов газа. Это месторождение, открытое в 1966 году в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, было крупнейшим, до открытия Северного

месторождения на территории Ирана. Значительный период разработки месторождения негативным образом отразился на эксплуатируемых участках, постепенно снижая дебитность. Но в данный момент времени активный интерес представляют ачимовские отложения, располагающиеся на сравнительно больших глубинах, примерно 4000 м. и относящиеся к одним из самых труднодоступных для добычи газа в условиях суши, горизонтов.

Разработка этого горизонта предъявляет особые требования не только с точки зрения проектирования профиля, подбора оборудования и технологии бурения, но и с точки зрения подбора оптимальных технологических жидкостей, способных обеспечить эффективную работу инструмента и высокие показатели проходки.

Поэтому цель данной научно-исследовательской работы - определение оптимального типа промывочной жидкости для условий бурения на Уренгойском НГКМ, с учетом прохождения интервалов залегания терригенных пород.

Основные задачи исследования включали следующие моменты: аналитический обзор научной литературы и справочных материалов о особенностях проведения буровых работ в геологических условиях, приближенных к условиям бурения на Уренгойском НГКМ; оценку промысловых данных по имеющемуся опыту проводки скважин на территории Уренгойского НГКМ; определение оптимальных составов буровых промывочных жидкостей для условий бурения на территории Уренгойского НГКМ.

В результате проведенного аналитического исследования, с учетом информации, привезенной с производственной технологической практики, были выделены четыре вида промывочных жидкостей, которые могут использоваться при проводке скважин на территории Уренгойского НГКМ, а именно: полимер-глинистый раствор; раствор на основе полимеров; раствор на углеводородной основе; биополимерный хлоркалийевый раствор.

Каждый из перечисленных растворов обладает как положительными так и отрицательными качествами. Рассмотрим их более подробно.

- Полимер-глинистый раствор обладает следующими преимуществами: легкость технологии приготовления; улучшенная стабильность и прочность относительно глинистого раствора. К отрицательным моментам необходимо отнести их высокую вязкость, а соответственно, склонность к образованию высадок и засорений; возможные проблемы с очисткой и утилизацией данных растворов.

- Растворы на основе полимеров имеют значительные преимущества, такие растворы обеспечивают: отличные фильтрационные характеристики, плотную фильтрационную корку, обеспечивающую стабильность и устойчивость стенок скважины; повышенные технико-экономические показатели бурения относительно полимер-глинистых и глинистых растворов; малую экологическую нагрузку. Существенные недостатки таких систем растворов: высокая стоимость (относительно полимер-глинистых и глинистых растворов); деструкция органических компонентов раствора и как следствие – ухудшение фильтрационно-емкостных характеристик продуктивной зоны в результате загрязнения продуктами распада.

- Растворы на углеводородной основе обладают значительным преимуществом, благодаря возможности вскрытия продуктивных пластов в связи с природой дисперсионной среды (нефти, минерального масла, дизельного топлива и др.). РУО позволяют значительным образом снижать нагрузки по трению, благодаря высокой смазывающей способности таких систем, положительно влияют на технико-экономические показатели бурения, благодаря высоким показателям выноса выбуренной породы. Благодаря своему химическому составу растворы на углеводородной основе устойчивы в условиях высоких давлений и температур. Важным положительным моментом является возможность неоднократного использования данных растворов (при контроле электростабильности, а также качественной очистке). Как и у предыдущих систем растворов, наряду с положительными моментами, есть ряд отрицательных: высокая стоимость таких растворов; необходимость в квалифицированном персонале и оборудовании. Химический состав усложняет способ утилизации, повышая риски загрязнения окружающей среды.

- Биополимерный хлоркалийевый раствор обладает такими положительными качествами, как: хорошая растворимость как химических добавок, так и частиц, попадающих в раствор из

выбуренной породы; возможность использования для вскрытия продуктивных пластов; способность уменьшать поровое пространство между частицами, за счет образования более прочной структуры, что особенно актуально при контакте с глинистыми породами; достаточно стабилен при высоких давлениях и температурах. Отрицательные моменты: так же, как и в случае с РУО, требуется высокий уровень квалификации персонала по работе с такими системами и необходимость использования дорогостоящего оборудования для приготовления раствора и поддержания его параметров; проблемы утилизации; высокая вероятность биополимера со временем, а также при некорректном контроле характеристик [2].

Итогом проведенного детального анализа выше озвученных систем растворов, с учетом геологических особенностей условий бурения, стала разработка регламента на буровые растворы. Предложенная рецептура биополимерного хлоркалиевого раствора представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Предложенная рецептура раствора.

Химический реагент	Выполняемая функция	Рекомендуемая концентрация, кг/м ³
Flo-Vis Plus / Ксантановая смола	Структурообразователь	5,0
Flo-Trol / Крахмал	Понизитель водоотдачи	15,0
MgO	Детергент (нейтр.газ)	2,0
Richmole biocide 100/ бактерицид	Антиферментатор	0,5
Richmole Lubricant 700/ смазка	Смазочная добавка	15,0
Penta 465	Пеногаситель	0,5
Бикарбонат натрия	Регулятор pH	0,5
KCl	Ингибитор	40,0
Kla-Cure	Ингибитор глини	15,0
CaCO ₃	Кольматация пластов	50,0

Несмотря на то, что на территории Уренгойского НГКМ достаточно успешно используют промывочные жидкости на углеводородной основе для наклонно-направленных и горизонтальных участков скважин и вскрытия продуктивных интервалов, имеет смысл пересмотреть рецептуру для данных условий, с целью снижения экологической и экономической нагрузки. Рекомендуемая биополимерная хлоркалиевая система, в теории, может обеспечить те же условия бурения, что и РУО, благодаря способности снижать набухание глинистых минералов, создавать непроницаемую глинистую корку, в состав которой входят легкорастворимые карбонатные частицы. Что позволит более быстро пройти ачимовские отложения с минимизацией вероятных осложнений и аварий.

Аналитическая часть исследования стала основой для второго этапа работы – проведения эксперимента с целью исследования и отработки рекомендуемой рецептуры буровой жидкости [3], который реализуется в данный момент времени в лабораторном комплексе имени Клемперта ФГБОУ ВО УГТУ, для написания и дальнейшей защиты выпускной квалификационной работы.

Библиографический список:

1. Каменских С. В., Логачёв Ю. Л., А. В. Нор А. В., Уляшева, Н. М., Фомин А. С. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие. – Ухта : УГТУ, 2014. – 231 с.: ил.
2. Уляшева, Н. М. Буровые промывочные и тампонажные растворы [Текст] : учебно-метод. пособие / Н. М. Уляшева, А. М. Вороник, М. А. Михеев. – Ухта : УГТУ, 2019. – 79 с.
3. Уляшева Н.М., Цуканова А. Н. Буровые промывочные и тампонажные растворы. Часть 2. Химическая обработка буровых промывочных жидкостей и ее влияние на технологические характеристики: методические указания. Ухта : УГТУ. 2023.- 44 С.

Естественное искривление скважин: основные факторы и причины искривления

Попов Н. А.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Правильный выбор технологической жидкости, используемой для сопровождения Проводка скважин представляет собой сложный технологический процесс, требующий соблюдения как правил безопасности, так и технологических рекомендаций, учитывающих особенности конкретных локаций бурения, в том числе, с точки зрения строения геологического разреза. Геологические условия бурения зачастую способствуют возникновению различного рода осложнений, игнорирование которых может привести к потере скважины. Одним из нарушений технологического процесса бурения является естественное искривление скважин.

Аналитический обзор научной литературы позволил выделить основные причины в результате чего может произойти внеплановое отклонение от траектории бурения. Первой причиной, как было отмечено ранее, является геология. Другие причины связаны с нарушениями технологического и организационно-технического характера.

Остановимся более подробно на геологических причинах искривления скважин. Основными провоцирующими факторами являются условия залегания и особенности строения горных пород, такие как слоистость, сланцеватость, флюидальность, ориентированное расположение в породе кристаллов отдельных минералов, трещиноватость, пористость, перемежаемость, разломы, пустоты, твердые включения, степень наклона слоев к горизонту, что в своем общем значении подразумевает анизотропию [1]. По специфике влияния на направление скважин горные породы делятся на три группы: относительно изотропные, анизотропные, перемежающиеся по твердости.

Первые не оказывают существенного влияния на искривление скважин, а механизм искривления объясняется действием технических и технологических факторов, изотропность характерна для пород осадочного и магматического происхождения.

Для пород характеризующихся изменениями по твердости, в результате неравномерного переслаивания и залегания в виде отдельных слоев и жил, процесс искривления скважин связан с формированием кривизны ствола при пересечении контактов горных пород различной твердости. В анизотропных породах искривление скважин возникает вследствие неравномерного разрушения горной породы на забое и стенке скважины.

Искривление скважины в анизотропных породах может происходить в соответствии с четырьмя основным вариантами, представленными в виде схем на рисунке 1.

При встрече бурового инструмента со слоистостью и сланцеватостью под углами 0° и 90° скважины бурятся без искривлений, из-за отсутствия дестабилизирующих силовых факторов. При углах встречи более 0° , но менее 5° , скважина будет стремиться выйти в крест слоистости или сланцеватости. Скважины в основном диапазоне углов встречи от 15° до 90° искривляются в направлении перпендикулярно слоям горных пород. В условиях, когда углы встречи меньше 5° , скважины, имея неустойчивое, меняющееся под действием переменчивых по направлению дестабилизирующих сил, направление, могут отклоняться в направлении падения слоистости или сланцеватости горных пород.

Естественное искривление в результате нарушений технологического характера возникает вследствие производственных ошибок при неверном выборе: способа бурения; параметров режима бурения; конструкции буровой компоновки, типа бурильной колонны. Также естественное искривление скважины может возникнуть вследствие задействования в процессе бурения деформированной колонны бурильных труб.

Основными причинами организационно-технических нарушений являются халатность и недостаточный уровень квалификации персонала. Основные факторы возникновения искривлений, в этом случае, связаны с нарушениями при установке бурового станка или его шпинделя при заложении скважины; отсутствием соосности посадки колонны обсадных труб;

несоосной забуркой ствола при переходах с большего диаметра скважины на меньший диаметр; использованием деформированных бурильных и колонковых труб, некачественно изготовленных компоновок. Рассмотрим более подробно первый фактор - угол несогласия между осью скважины и осью буровой компоновки. Деформация буровой компоновки приводит к перекосу породоразрушающего инструмента на определенный угол и появлению отклоняющего усилия, действующего в направлении перекоса бурового инструмента [2].

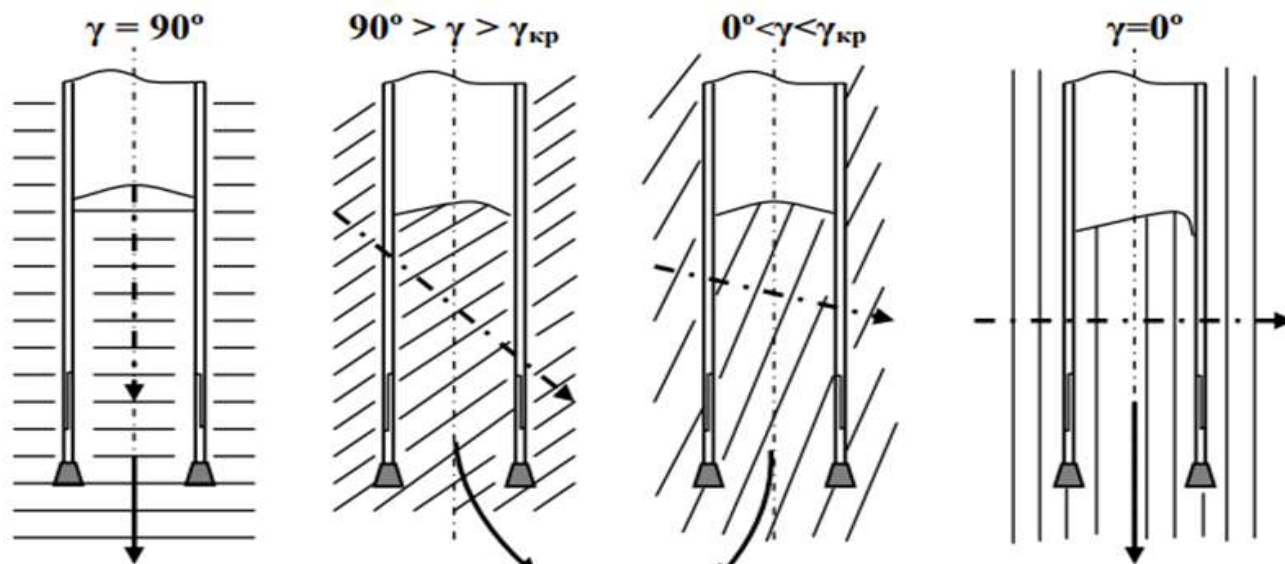


Рисунок 1 - Схемы направлений зенитных искривлений скважин в анизотропных породах (в зависимости от угла встречи со слоистостью или сланцеватостью).

Вторым основным фактором искривления скважин по причинам организационно-технических нарушений, является вид движения деформированной буровой компоновки в скважине. При одинаковых значениях угла перекоса бурового инструмента, то есть практически не зависимо от степени деформации буровой компоновки, максимальные значения интенсивности искривления скважины связаны с вращением компоновки вокруг собственной изогнутой оси, минимальные с вращением деформированной компоновки вокруг оси скважины.

Третий фактор искривления скважин по причинам организационно-технических нарушений связан с процессами разрушения горной породы при формировании ствола скважины, а именно, с соотношением скоростей фрезерования стенки скважины под действием отклоняющего усилия и углубки забоя под действием осевого усилия. Условием снижения интенсивности естественного искривления скважин является минимизация этого соотношения за счет снижения скорости фрезеровки и интенсификации скорости бурения.

Важным условием предупреждения внеплановых отклонений при проводке скважин является постоянный контроль пространственного положения ствола скважины в геологическом разрезе. Как правило, положение забоя и точек оси ствола скважины определяют периодически, по мере углубления скважины, через оценку зенитного и азимутального углов на заданной глубине ствола, с помощью специальных датчиков. Зенитный угол можно оценивать датчиками, использующими принцип горизонтального уровня жидкости; принцип отвеса; акселерометрами [3].

Оценка азимутальных отклонений выполняется с помощью инклинометров - устройств для определения значений зенитного и азимутального угла как в одной, так и в множестве точек ствола скважины.

Помимо постоянного контроля траектории бурения, для исключения вероятности естественного искривления скважин используется специальное оборудование и технические средства, например опорно-центрирующие элементы: центраторы, стабилизаторы, калибраторы (рисунок 3), обеспечивающие центрирование и дополнительную жесткость компоновкам низа бурильной колонны (КНБК), устойчивость долота на забое. Использование жестких КНБК, КНБК опорного типа, КНБК динамической стабилизации, КНБК маятникового типа также препятствует возможности возникновения внеплановых отклонений.

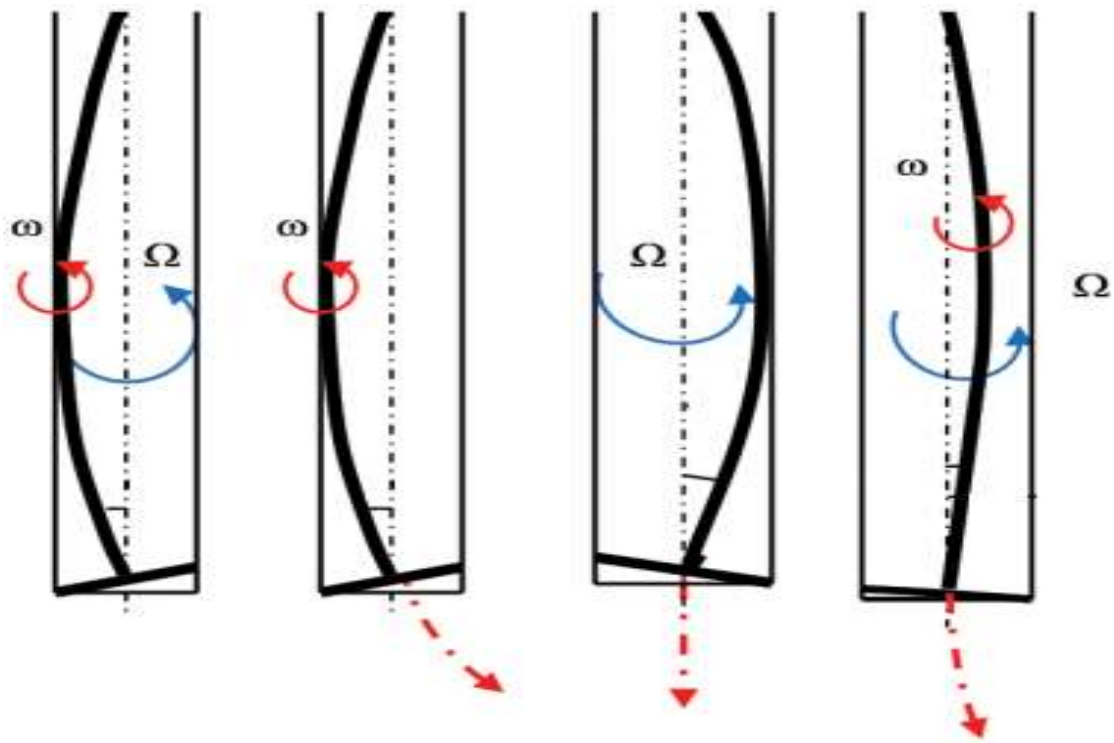


Рисунок 2 - Схемы к анализу влияния вида движения деформированной компоновки на интенсивность естественного искривления скважин.



Рисунок 4 – Калибраторы.

Подводя итоги данного аналитического исследования необходимо отметить, что любое происходящее внепланово отклонение, от исходного направления, способно нанести колоссальный ущерб, особенно если речь идет о кустовом бурении с применением технологии развернутых профилей с малыми коэффициентами сближения между скважинами.

Вероятность отклонения от планируемой траектории бурения равнозначна для любого способа бурения и для любого угла заложения скважины, если нет постоянного контроля за пространственным положением работающего бурового инструмента.

Библиографический список:

1. Калинин А. Г., Кульчицкий В. В. Естественное и искусственное искривление скважин: Учебное пособие для вузов. — Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. — 640 с.
2. Нескоромных, В. В. Н552 Направленное бурение. Бурение горизонтальных и многозабойных скважин : учебник / В. В. Нескоромных. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 410 с.3. Нескоромных В.В. Направленное бурение и основы кернометрии: Учебное пособие – 2-е изд., пераб. и доп. / В.В. Нескоромных. – Красноярск : СФУ, 2012. – 328 с.

УДК 622.24.06.2

Анализ передаваемой информации о свойствах бурового раствора на соответствие его реальным данным

Крюков В. М.

Научный руководитель – Михеев М. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

В настоящее время большой объём по строительству скважин в различных горно-геологических условиях можно условно разделить на две большие группы:

- 1) Разрезы, имеющие один специфический тип осложнения;
- 2) Разрезы, имеющие большое количество геологических осложнений в одном интервале бурения.

При этом в независимости от количества и видов осложнений бурение ведётся согласно утверждённым программам с жёстко прописанными ограничениями по параметрам. При этом наиболее сложно соблюдать параметры буровых растворов, испытывающих систематическое воздействие большого количества геологических, технических, технологических и организационных факторов.

Учитывая большой размер штрафов на подрядчика за минимальные отклонения по любому параметру, а также низкий уровень контроля на местах – у специалистов часто возникает соблазн передачи недостоверной информации, что может привести к следующим проблемам:

- 1) повышается вероятность осложнений при бурении вследствие выбора решений, основанных на недостоверной информации;
- 2) неверная реакция при ликвидации возникших осложнений;
- 3) проблемы в процессе выбора решений при бурении в последующих скважинах и т.д.

Тем не менее, изменение любого параметра бурового раствора приводит к комплексному изменению всех остальных параметров, что в свою очередь может являться основой для проведения анализа в случае спорных ситуаций. В качестве примера выбраны официальные параметры бурового раствора, полученных в процессе строительства скважины на месторождении Титова.

В процессе работы были рассмотрены следующие интервалы: 1) интервал бурения под кондуктор 2) интервал бурения под промежуточную колонну 3) интервал бурения под эксплуатационную колонну. Результаты работы приведены ниже.

В интервале бурения под кондуктор можно сделать следующие выводы:

1) Анализ параметров бурового раствора показывает наличие в растворе высокоминерализованных пластовых вод.

2) В процессе бурения производилось интенсивное разбавление бурового раствора.

3) Можно предположить недостоверность в параметрах плотности бурового раствора.

В интервале бурения под промежуточную колонну можно сделать следующие выводы:

1) Имеются значительные источники минерализационного загрязнения в разрезе.

2) В процессе работы шла интенсивная гидратация глинистой фазы.

3) Коллоидная фаза в растворе занижена во избежание выхода за программу

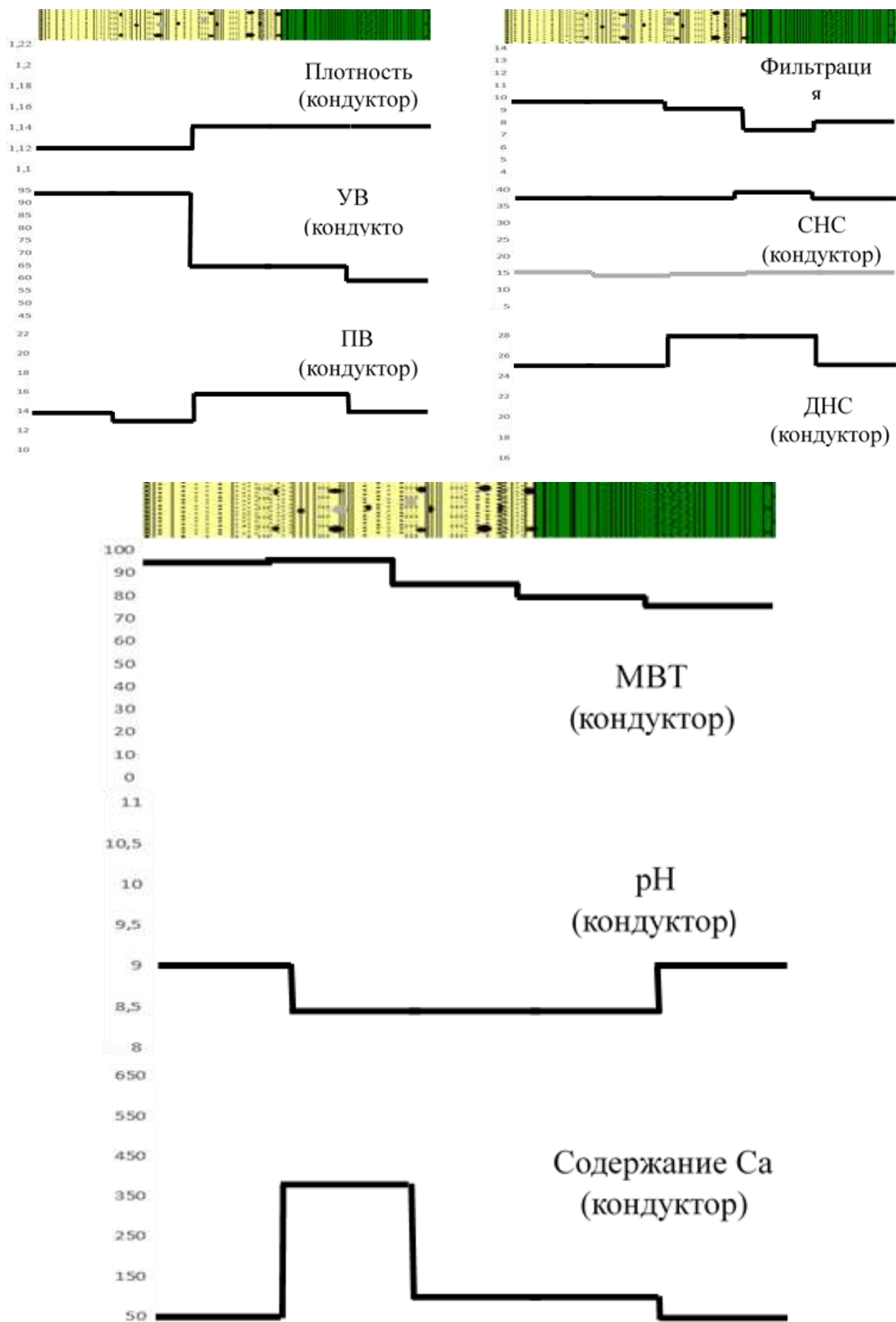


Рисунок 1 – Параметры раствора при бурении под кондуктор.

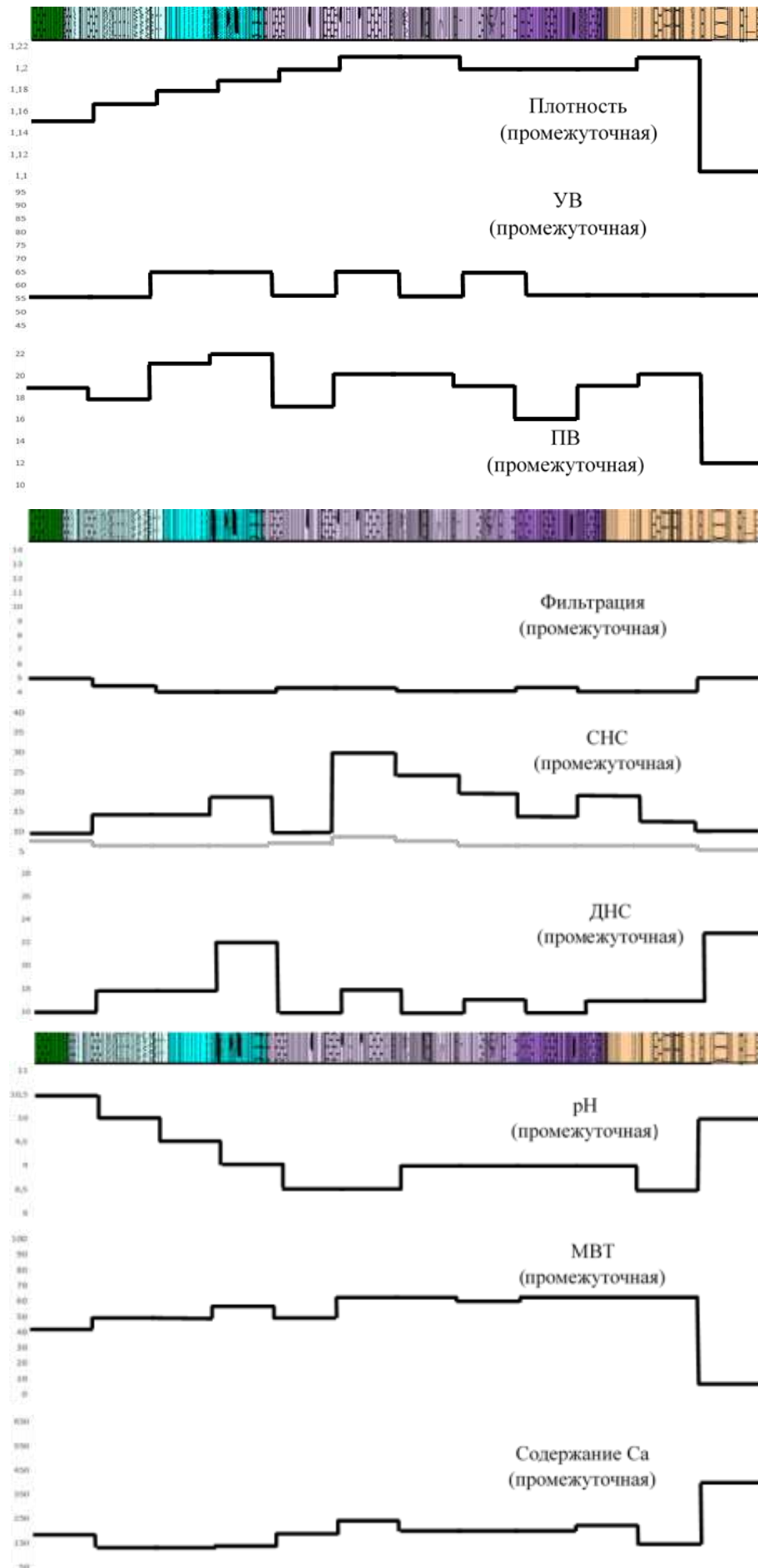


Рисунок 2 – Параметры раствора при бурении под техническую колонну.

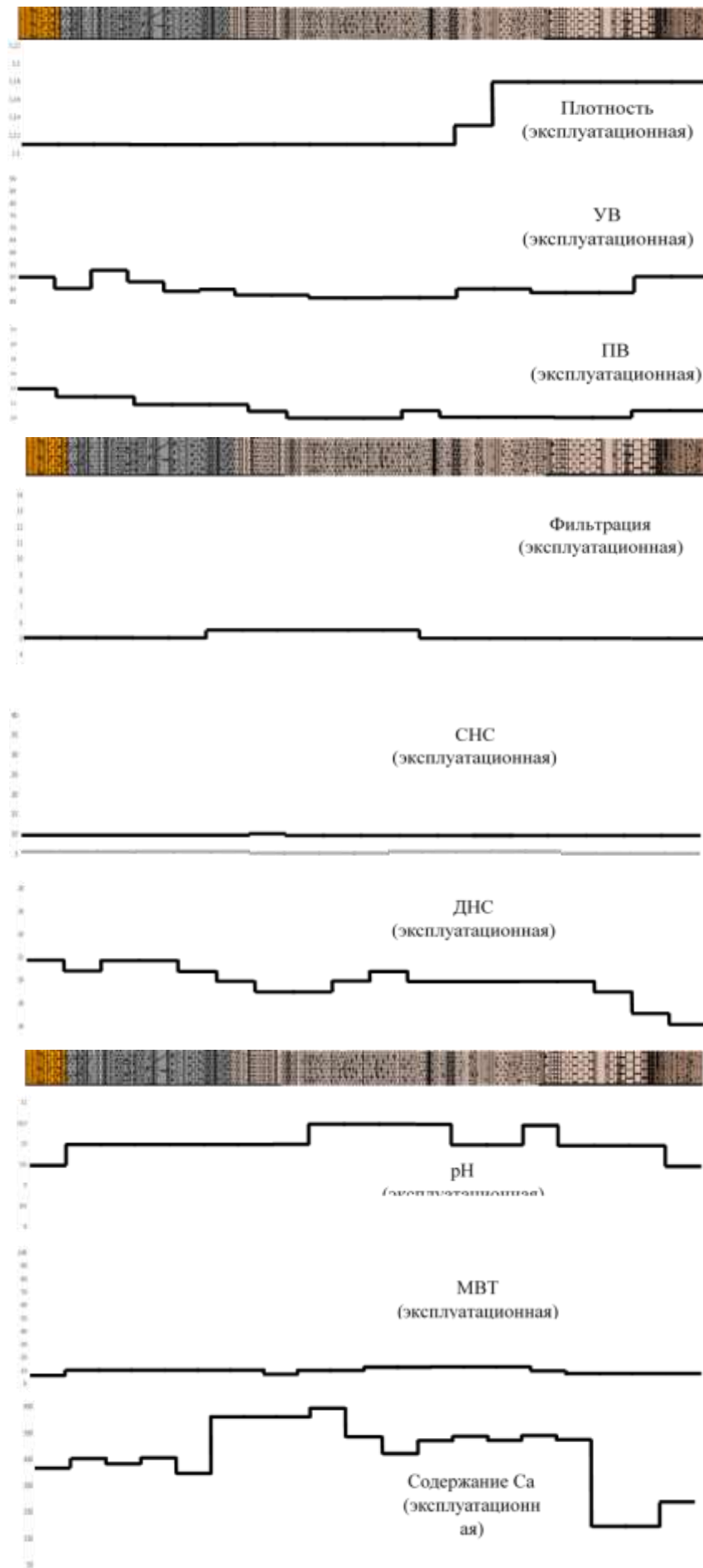


Рисунок 3 – Параметры раствора при бурении под эксплуатационную колонну.

В интервале бурения под эксплуатационную колонну можно сделать следующие выводы:

1) В целом параметры соответствуют реальным.

В процессе ведения работы можно сделать вывод о наличии недостоверности предоставленной информации, что указывает на необходимость дополнительных проверок в процессе бурения, либо адаптации программы.

Общие выводы по работе:

1) Предлагаемый анализ позволяет предположить места фальсификации данных, переданных инженерами.

2) Может быть использован для любых условий.

Библиографический список:

1. Промысловый материал с месторождения Титова
2. Физико-химические методы борьбы с осложнениями [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Уляшева [и др.]. – Ухта : УГТУ, 2012. – 119 с.
3. Буровые промывочные и тампонажные растворы [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Уляшева, А. М. Вороник, М. А. Михеев. – Ухта : УГТУ, 2019. – 79 с.

УДК 622.248

Перспективная комбинация технологических жидкостей для установки жидкостных ванн

Савченко В. С.

Научный руководитель – Михеев. М. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время технология развития буровых работ достигла значительных успехов, что позволяет проводить безаварийную проводку скважины даже в сложных геологических условиях. Тем не менее, в ряде случаев при строительстве скважин наблюдаются осложнения, на ликвидацию которых требуются большие затраты времени и ресурсов. Обычно это приурочено к поисковым и разведочным скважинам по причине того, что технологические решения принимаются на основе неполной, либо не вполне достоверной информацией, но в ряде случаев проблемы возникают и при строительстве эксплуатационных скважин, что может быть связано с геологическими, технологическими и организационными причинами.

Одним из наиболее сложных и затратных с точки зрения времени и ресурсов осложнений является прихват. Причины его возникновения могут в значительной мере отличаться, но основные виды прихватов в практике бурения следующие:

- Дифференциальный прихват
- Нарушение устойчивости стенок скважин
- Технологические ошибки в процессе проектирования и бурения
- Организационные проблемы

При возникновении прихвата может использоваться широкий спектр методов его ликвидации, зависящий, в первую очередь, от причин его возникновения. Тем не менее, в практике работ используется относительно небольшой набор приемов, требующих минимального времени на подготовку и относительно небольших затрат. Наиболее сложным и, одновременно, эффективным из них является установка жидкостных ванн.

Жидкостные ванны могут отличаться как по назначению, так и по технологическим особенностям применения. Наиболее часто в процессе бурения используются следующие виды жидкостных ванн (таблица 1).

Чаще в практике бурения применяются нефтяные и кислотные ванны. При этом водные ванны имеют более узкую зону применения.

Как и любое технологическое решение, разные типы ванн имеют достоинства и недостатки. Их характеристики приведены на рисунке 1.

Таблица 1 – виды жидкостных ванн.

Кислотные	НСI НСI+HF Угольная Уксусная	Карбонатные породы, Терригенные породы, При работах по освоению скважин
Нефтяные	Нефтесмоляная Нефтенатриевая	При дифференциальном прихвате
Водяные	Фосфорнокислая Уксуснокислая Виннокаменная кислота Из сбросовых вод	Слаболитифицированные глины, В интервале залегания магниевых и натриевых солей



Рисунок 1. Жидкостные ванны и особенности их применения.

Принципы использования ванн, вне зависимости от их типа, остаются аналогичными и включают процедуру закачки активной жидкости в заданный интервал с последующим технологическим отстоем и возможным частичным обновлением жидкости. Необходимо учитывать постоянное развитие технологии, которое может приводить к комбинированию различных подходов. Наиболее распространённым вариантом является совместное использование нефти и кислотных ванн (рисунок 2).

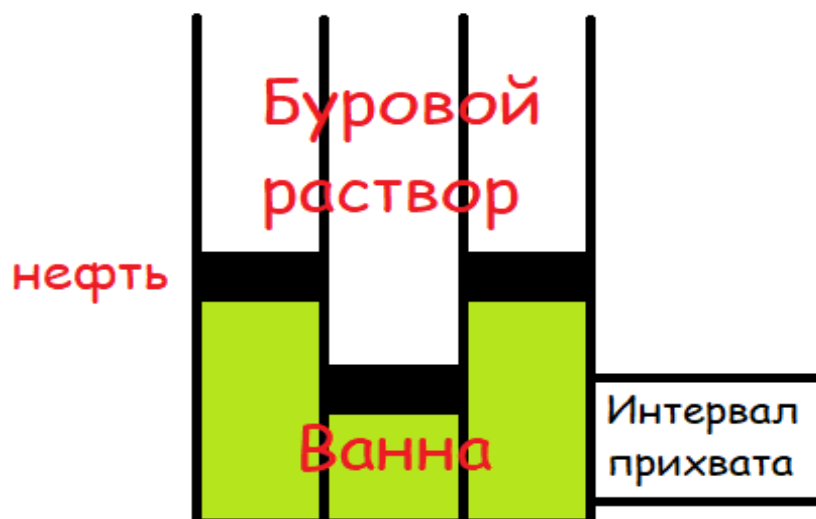


Рисунок 2. – Технология закачки жидкостной ванны.

Технология использования заключается в расположении порции нефти перед и после кислотной пачки. В этом случае нефть обеспечивает две базовые функции: 1 – снижение дифференциального давления на пласт, в котором произошёл прихват. 2 – закачивание буферной жидкости, предотвращающей смешение кислоты и промывочной жидкости. У данного подхода имеется серьёзный недостаток: нефть, пригодная для установки ванн, отличается сравнительно низкой вязкостью, вследствие чего она не всегда может обеспечивать эффективную блокировку смешения жидкостей.

Примером этого может служить установка комбинированной ванны при ликвидации прихвата на месторождении Россихина. В ходе выполнения работ по ликвидации прихватов, в проницаемых песчаниках было последовательно установлено несколько ванн из смеси соляной и плавиковых кислот, заблокированных нефтью. При этом наблюдались следующие проблемы: 1 – смешения всех трех жидкостей (бурового раствора, нефти, кислоты) 2 – вскипание раствора кислот с их выплеском на высоту до 20-и метров, из-за чего была поражена окружающая среда в районе буровой 3 – вследствие смешения происходила полная деградация промывочной жидкости. Исходя из вышеописанного, а также ряда наблюдений за аналогичными ситуациями месторождений, можно сделать вывод о необходимости доработки технологии с целью обеспечением безопасности и технологичности работ.

Для обеспечения безопасности, я предлагаю дополнить применяемую технологию дополнительными буферами на основе растворов полимерных реагентов (рисунок 3). В качестве этого можно использовать эфиры целлюлозы, полиакрилаты, биополимеры и их комбинации. Полимерные буферы должны располагаться до и после нефтяных с целью обеспечения дополнительной блокировки промывочной жидкости. Использование данного подхода позволит снизить риски смешения технологических жидкостей.



Рисунок 3. – Дополненная технология применения жидкостных ванн.

Выводы:

1. Распространенные в настоящее время приемы установки жидкостных ванн не всегда в полной мере отвечают требованиям по безопасности и технологичности ведения работ;
2. Применение дополнительных буферов позволяет значительно снизить загрязнение вследствие смешивания технологических жидкостей и повысить безопасность ведения работ
3. Использование предлагаемой технологии не требует дополнительных затрат времени и специального оборудования. Материальные затраты для приготовления дополнительных буферов незначительны.

Библиографический список:

1. Промысловая информация
2. Физико-химические методы борьбы с осложнениями [Текст]: учеб. пособие/ Н. М. Уляшева [и др.]. – Ухта : УГТУ, 2015. – 119 с.

Исследование влияния концентрации смазочных добавок различных видов на коэффициент трения при обработке глинистых суспензий

Лабутин К. П.

Научный руководитель – Цуканова А. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Строительство скважин является сложным технологическим процессом, требующим задействование различных механизмов и оборудования. При бурении скважин такое оборудование подвергается значительным нагрузкам, особенно при прохождении интервалов представленных абразивными упрочненными горными породами, существенно увеличивающими коэффициент трения. Это может негативно влиять на сохранность бурового инструмента и сокращать срок его эксплуатации.

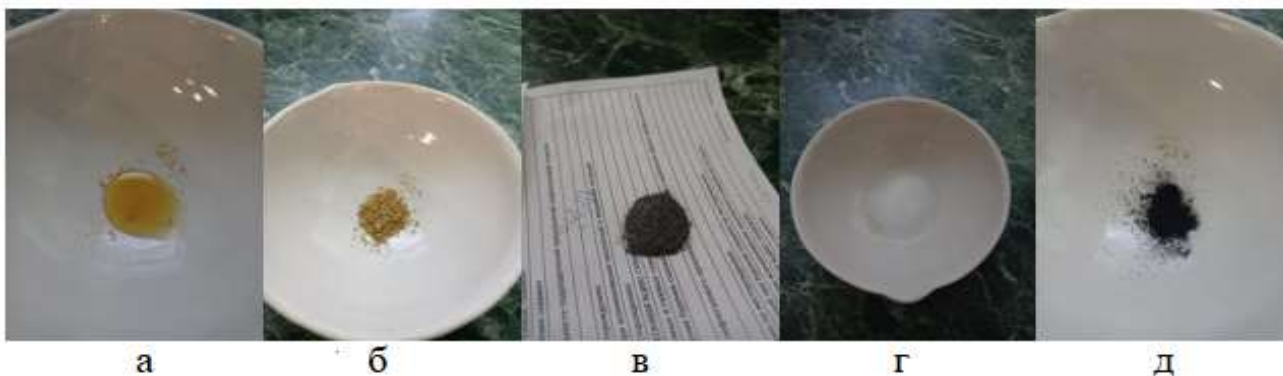
Для исключения моментов, связанных с ранним амортизационным износом и повышения стойкости породоразрушающего инструмента и элементов бурильной колонны, в компонентный состав буровых промывочных жидкостей вводят смазочные агенты, повышающие триботехнические характеристики. Несмотря на достаточную изученность проблемы износа оборудования по причине высоких коэффициентов трения, особенно для горизонтальных участков и участков набора угла, эффективных решений, обеспечивающих высокие темпы бурения наряду с сохранностью оборудования до сих пор не найдено. Рынок смазочных агентов достаточно обширен и включает в себя разные, не только по химическому составу, но и по своему физическому состоянию добавки. При этом производители зачастую завышают показатели их эффективности, не предупреждают о необходимости наличия дополнительного оборудования в блоке очистки, что повышает экономические затраты на бурение. Также необходимо отметить что использование смазочных добавок должно реализовываться через оптимизацию расходов таких реагентов из-за возможного негативного влияния данных веществ на фильтрационно-емкостные параметры, в том числе, продуктивных пластов. Фактическое загрязнение пристволенной зоны ухудшает условия вскрытия, а учитывая химический состав большинства из этих веществ делает практически невозможным их удаление из зоны.

Присутствие оптимальной смазки в компонентном составе буровых промывочных жидкостях обеспечивает:

- снижение крутящего момента, при вращении бурильной колонны снижая сопротивление при ее продольном перемещении в стволе скважины, существенно уменьшая энергоемкость процесса бурения;
- снижение вероятности возникновения дифференциальных прихватов, а значит исключает дополнительные экономические и временные расходы на их ликвидацию;
- повышение ресурса работы подземного бурового оборудования, а также наземного оборудования (элементы буровых насосов);
- увеличение выхода керна в результате предупреждения его самоподклинок, при проведении геологических исследований вскрываемого разреза.

Результаты аналитического исследования научной технической литературы и детального изучения отчетной информации промысловых материалов, а также ранее проведенных экспериментальных исследований [1], стали основой для экспериментального исследования ряда смазочных агентов, используемых для обработки буровых растворов, в лабораторном комплексе им. Клемперта кафедры БМОиГП. Экспериментальное исследование выполнялось в три этапа:

Первый этап: выбор смазочных добавок для эксперимента. В эксперимент вошли добавки, имеющиеся в наличии в лаборатории: полиэколуб - жидкая смазочная добавка, представляющая собой композицию на основе природных и синтетических масел (рисунок 1 а); Mikan D – многофункциональная смазочная добавка (рисунок 1 б); графит (рисунок 1 в); Alpine Drill Beads - механическая смазка, представляющая собой микросферы полимеров синтетического происхождения (рисунок 1 г); Atren SL - натриевая соль сульфированного битума (рисунок 1 д).



а- Полиэколуб; б- Микан Д; в – графит; г - Alpine Drill Beads; д - Atren SL

Рисунок 1 - исследуемые смазочные добавки.

Второй этап: выбор оборудования для проведения исследования и проведение эксперимента. Для оценки параметра плотности глинистой суспензии использовались рычажные весы (рисунок 2 а). Образцы - имитаторы зоны контакта трения, в виде фильтрационных корок, получали с помощью прибора фильтр-пресс с модулем давления газом CO₂ фирмы FANN (рисунок 2 б). Полученные образцы исследовались на приборе КТК-2 (рисунок 2 в).



а – рычажные весы фирмы Ofite; б – фильтр пресс фирмы Fann; в - прибор КТК- 2

Рисунок 2 – оборудование для проведения эксперимента.

Третий этап: проведение эксперимента. Для исследования смазочной способности специальных добавок, приготавливалась глинистая суспензия (плотность $\rho=1030 \text{ кг/м}^3$). После чего суспензия обрабатывалась исследуемыми смазочными добавками в определенных концентрациях. Полученные растворы помещались в фильтр-пресс, для формирования экспериментальных образцов. Сформированные, в результате фильтрации, образцы размещались на платформе прибора КТК-2, для получения данных (угол скольжения) (рисунок 3).

Результаты третьего этапа исследования были сведены в таблицу 1, на основании полученных данных были сформированы графические зависимости, приведенные ниже на рисунке 4.

Полученные данные о формировании определенной зависимости между концентрациями смазочных агентов и коэффициентом трения позволили определить наиболее эффективную смазочную добавку для условий данного эксперимента – графит. При этом было отмечено, что варьирование концентрации от 2% до 8% не привело к изменению угла скольжения. Исследование образца содержащего смазочную добавку Alpine Drill Beads в количестве 8%, показало значительное увеличение угла скольжения в сравнении с начальной 2%-ой концентрацией. На основании результатов третьего этапа было решено продолжить исследование, включив в него дополнительное оборудование: прибор сдвиговой ВСВ-25, предназначенный для определения сопротивления сдвигу, а также комбинированный тестер предельного давления и смазывающей способности фирмы OFITE для оценки смазывающей способности буровых растворов.



а- образец с Atren SL; б – образец с микан Д; в- образец с графитом; г – образец с Alpine Drill Beads; д- образец с полиэколуб

Рисунок 3 – исследуемые образцы с начальной концентрацией смазки (%).

Таблица 1 – Полученные экспериментальные данные.

Смазочные добавки	Концентрация, (%)	Водоотдача, (мл)	Угол скольжения, (°)
Mikan D	2	18	5
	6	16	4
	8	15,5	4
Alpine Drill Beads	2	21	3
	6	20	3
	8	18,5	7,9
Atren SL	2	12,5	4
	6	13	3
	8	13,2	2
графит	2	14	2
	6	16	2
	8	18	2
Полиэколуб	2	19	3
	6	17	2
	8	16	2

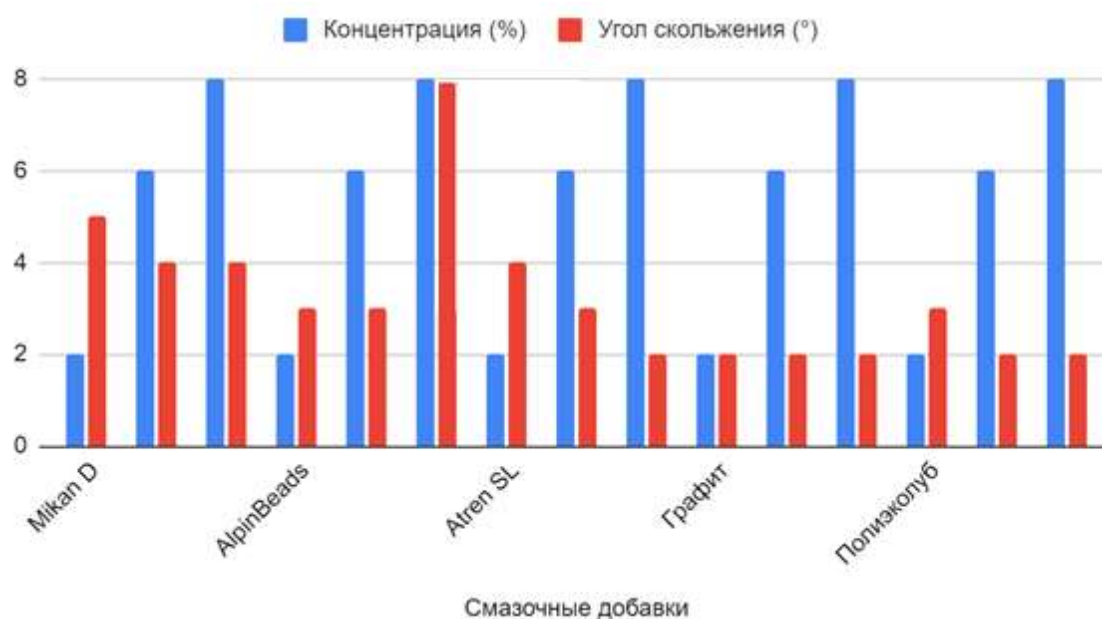


Рисунок 4 – результаты проведенного эксперимента.

Библиографический список:

1. Н. М. Политов, А. Н. Цуканова, А. Н. Цуканов. Сравнительный анализ смазочных добавок, применяемых для обработки буровых растворов// Материалы IX Международной (XVII Всероссийской) научно-практической конференции. Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2022. -266 с. С. 49-52.

УДК 622.24.063

Исследование смазочной способности буровых растворов при использовании смазочных агентов различной природы

Политов Н. М.

Научный руководитель – Уляшева Н. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время разработка нефтяных и газовых месторождений производится со строительством глубоких скважин сложного пространственного профиля, в том числе с горизонтальными и восстающими участками. При этом возрастают риски аварийных ситуаций, причинами которых, наряду с вещественным составом и свойствами горных пород, являются высокие температуры, градиенты давлений и силы трения, на величины которых влияют системы и составы буровых растворов, компоновки низа бурильной колонны, параметры режимов бурения, в следствии чего появляются следующие проблемы, которые в большей или меньше степени, связаны со смазывающей способностью бурового раствора.

1. недостаточная нагрузка на долото;
2. высокий показатель момента ВСП;
3. заклинки, прихваты;
4. завышенный вес бурильного инструмента;
5. усложненная процедура спуска обсадных колонн и хвостовиков.

Россия входит в число стран, обладающих крупнейшими месторождениями нефти и газа. Одним из таких месторождений нефти является Юрубчено-Тохомское, уступая первенство только Ванкорскому месторождению. Юрубчено-Тохомское месторождение расположено в Красноярском крае, Эвенкийском районе, в 300 километрах от поселка Тура. Выбранные и исследуемые системы буровых растворов ориентированы на геологические условия и особенности Юрубчено-Тохомского месторождения. Ниже на рисунках представлены проектная конструкция скважин (Рис. 1) и геолого-технический наряд (Рис. 2).

В исследовании рассматривается секция под промежуточную колонну, при строительстве которой зенитный угол на финальный забой составляет 55 градусов, а из осложнений отмечаются поглощения, газонефтеводопроявления, нестабильность стенок скважины и кавернообразование в хемогенных отложениях.

Принимая во внимание выше сказанное, для проведения опытных исследований можно исключить все пресные системы буровых растворов на водной основе, содержащие в своем составе определенное количество бентонитового порошка и полимерного реагента-стабилизатора. Тем самым снижаются риски растворения солей (галита) на стенке скважины в процессе бурения рассматриваемого интервала, минимизируются риски возникновения прихвата, а также предупреждается неконтролируемая коагуляция бурового раствора и ухудшение технологических параметров циркулирующего агента. Выбранные системы растворов представлены ниже:

1. Буровой раствор на углеводородной основе «MEGADRILL»;
2. Буровой раствор на водной основе «MontBlanc»;
3. NaCl-полимерный буровой раствора;
4. Буровой раствор с конденсированной твердой фазой.

Первой системой является обратная эмульсия MEGADRILL. Система «MEGADRILL» представляет собой буровой раствор на углеводородной основе, разработанной в компании Schlumberger, успешно применяющийся на месторождениях восточной Сибири, таких как Юрубчено-Тохомское, Куюмбинское, Чаяндинское. В качестве основы данного раствора может

использоваться нефть, минеральное масло, дизельное топливо, синтетические углеводороды, растительные масла, в зависимости от условий заказчика. Результаты исследований бурового раствора, основой которого является минеральное масло LTMO представлены в таблице 1.

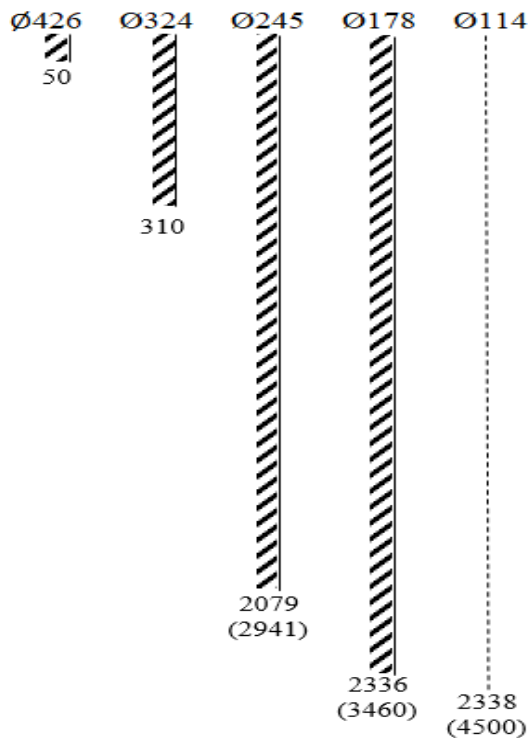


Рисунок 1 – Проектная конструкция скважин Юрубчено-Тохомского месторождения.

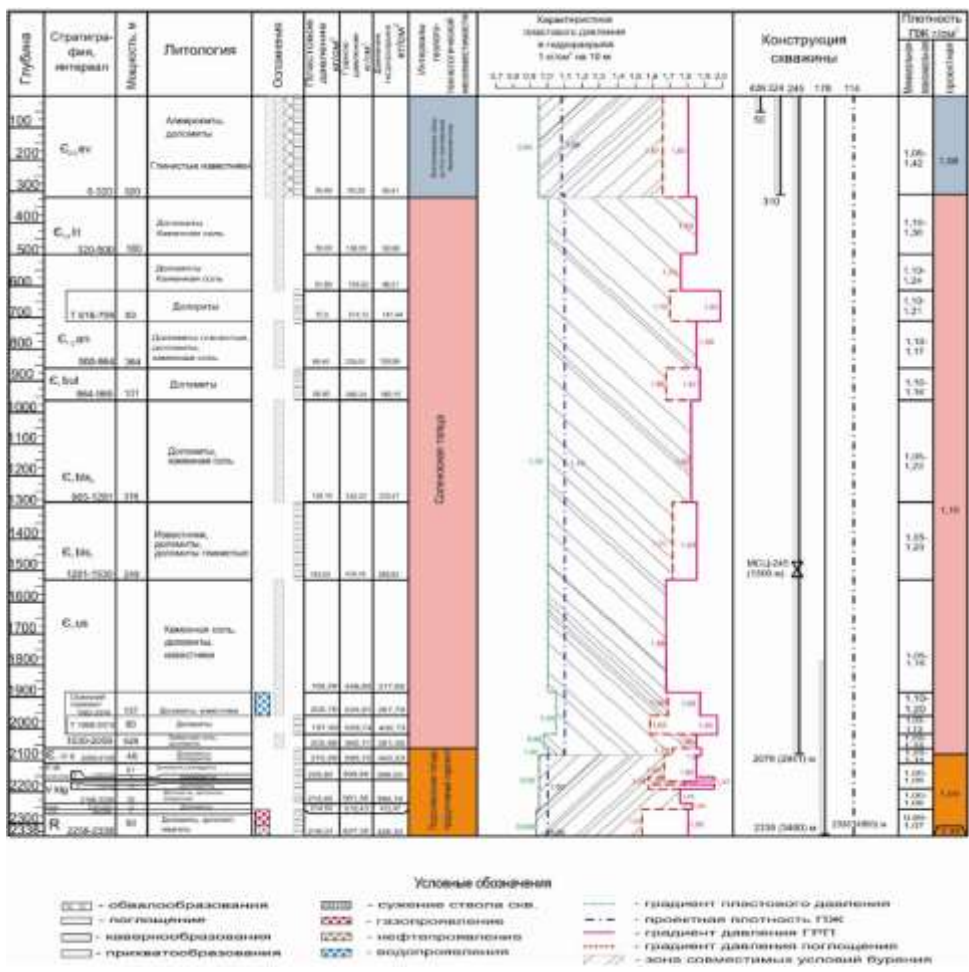


Рисунок 2 – Геолого-технический наряд.

Таблица 1 – Результаты исследования обратной эмульсии MEGADRILL.

Измеряемый параметр	Единица измерения	Норматив	ОЭ + мин. масло 70%	ОЭ + мин. масло 72%	ОЭ + мин. масло 74%	ОЭ + мин. масло 76%	ОЭ + мин. масло 78%	ОЭ + мин. масло 80%
Плотность	г/см ³	1,17±0,03	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Водоотдача	см ³ /30мин	≤4	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4
Толщина корки	мм	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ES	-	>300*	310	310	325	335	335	360
R600/R300	об/мин	-	48/33	48/33	47/32	45/31	43/29	41/28
R200/R100	об/мин	-	26/20	26/20	25/18	25/18	22/15	22/15
R6/R3	об/мин	-	6/5	6/5	6/4	5/4	5/4	4/3
Пластическая вязкость	сП	10-40	15	15	15	14	14	13
ДНС	фнт/100фт ²	15-35	18	18	17	17	15	15
СНС (10 сек/10 мин)	фнт/100фт ²	4-15 5-30	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/4
Хлориды Cl ⁻	мг/литр*10 ³	-**	32	32	32	32	32	32
УВ/В	%	70-80/30-20***	30/70	28/72	26/74	24/76	22/78	20/80
Коэффициент трения	-	-	0,0524	0,0524	0,0524	0,0524	0,0524	0,0524

Анализ результатов проведенных исследований показал следующее:

1. Коэффициент трения достигает своих минимальных значений в рамках опытных работ уже при содержании ЛТМО 70% и остается постоянным на протяжении всего исследования. Также на низкие значения коэффициента трения влияет незначительное содержание твердой фазы в виду небольшой концентрации карбоната кальция. Данные значения коэффициента трения минимизируют риски осложнений и аварийных ситуаций, связанных с высокими значениями коэффициента трения.

2. При увеличении содержания ЛТМО отмечено некоторое снижение реологических и фильтрационных параметров бурового раствора и увеличение электрической стабильности бурового раствора. Это обосновывается тем, что происходит увеличение углеводородной фазы в буровом растворе, что приводит к разжижению, которое ведет за собой снижение динамического и статического напряжения сдвига, а также пластической вязкости.

Следующей системой для лабораторных исследований является буровой раствора на водной основе – прямая эмульсия «MONTBLANC». Применяется компанией Schlumberger на месторождениях восточной Сибири: Юрубчено-Тохомском и Среднеботуобинском месторождениях. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Подводя итоги комплексного экспериментального исследования, можно выделить следующее:

1. Минимальный коэффициент трения достигается при содержании нефти от 34%. При этом все технологические параметры соответствуют нормативным значениям.

2. Отмечено увеличение показателей динамического и статического напряжения сдвига на протяжении всех опытов по мере увеличения концентрации нефти.

3. Отмечено уменьшение показателя фильтрации, водородного показателя и пластической вязкости. Снижения фильтрации связано с увеличением эмульсионного слоя на фильтрационной корке.

Таблица 2 – Результаты исследования прямой эмульсии MONTBLANC.

Измеряемый параметр	Единица измерения	Норматив	ПЭ + нефть 30%	ПЭ + нефть 32%	ПЭ + нефть 34%	ПЭ + нефть 36%	ПЭ + нефть 38%	ПЭ + нефть 40%
Плотность	г/см ³	1,17±0,03	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Водоотдача	см ³ /30мин	≤4	3,2	3,1	3,1	2,9	2,7	2,7
Толщина корки	мм	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
pH	-	9-11	10,0	10,0	10,0	9,5	9,5	9,0
R600/R300	об/мин	-	39/27	39/27	40/28	39/28	39/28	40/29
R200/R100	об/мин	-	19/11	19/12	20/12	20/12	20/13	21/13
R6/R3	об/мин	-	5/3	5/4	5/4	5/4	5/4	6/5
Пластическая вязкость	сП	10-40	12	12	12	11	11	11
ДНС	фнт/100фт ²	15-35	15	15	16	17	17	18
СНС (10 сек/10 мин)	фнт/100фт ²	4-15 5-30	4/4	4/5	4/5	4/5	4/5	5/6
Хлориды Cl ⁻	мг/литр*10 ³	≥95	99	99	99	99	99	99
УВ/В	%	30-40/70-60	30/70	32/68	34/66	36/64	38/62	40/60
Коэффициент трения	-	-	0,0656	0,0656	0,0612	0,0612	0,0612	0,0612

Третьей промывочной жидкостью, выбранной для лабораторных исследований, является NaCl-полимерный буровой раствор. Данная система повсеместно применяется на многих месторождениях Российской Федерации различными сервисными компаниями, как и KCl-полимерный буровой раствор. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Анализируя полученные результаты комплексного экспериментального исследования, можно выделить следующее:

1. Отмечено эффективное снижение коэффициента трения. Уже при добавлении смазочного агента Eсо Lube до 2% удалось достичь снижения коэффициента трения на 45%. При дальнейшем увеличении смазочной добавки до 4% наблюдалось дальнейшее снижение коэффициента трения до 59% в сравнении с коэффициентом трения при отсутствии смазочной добавки.

2. На протяжении всего эксперимента технологические параметры бурового раствора соответствовали нормативным значениям. Это говорит о стабильности бурового раствора при вводе смазочной добавки, что означает о достойном качестве смазочного агента и подходящих используемых компонентов в самой смазке под данную систему бурового раствора.

3. Стоит отметить о загущении бурового раствора при содержании смазочной добавки 8-10 %.

Последней исследуемой жидкостью является буровой раствор с конденсированной твердой фазой. Данный тип раствора получают за счет образования новой коллоидной фазы в результате модернизации кристаллической решетки в процессе химических реакций. Также данная система относится к тиксотропной системе, термодинамически неустойчивой. Результаты исследований приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты исследования параметров NaCl-полимер бурового раствора.

Измеряемый параметр	Единица измерения	Норматив	БР + смазка 0%	БР + смазка 2%	БР + смазка 4%	БР + смазка 6%	БР + смазка 8%	БР + смазка 10%
Плотность	г/см ³	1,17±0,03	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Водоотдача	см ³ /30мин	≤4	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Толщина корки	мм	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
pH	-	9-11	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
R600/R300	об/мин	-	40/29	40/29	40/29	38/28	40/30	40/30
R200/R100	об/мин	-	20/13	20/12	22/14	21/14	23/15	23/15
R6/R3	об/мин	-	8/5	8/6	9/7	9/7	10/8	10/8
Пластическая вязкость	сП	10-40	11	11	11	10	10	10
ДНС	фнт/100фт ²	15-35	18	18	18	18	20	20
СНС (10 сек/10 мин)	фнт/100фт ²	4-15 5-30	5/7	5/7	5/8	5/8	6/8	6/8
Хлориды Cl ⁻	мг/литр*10 ³	≥95	99	99	99	99	99	99
Коэффициент трения	-	-	0,1584	0,0875	0,0656	0,0656	0,0656	0,0699

Таблица 4 – Результаты исследования параметров бурового раствора с конденсированной твердой фазой.

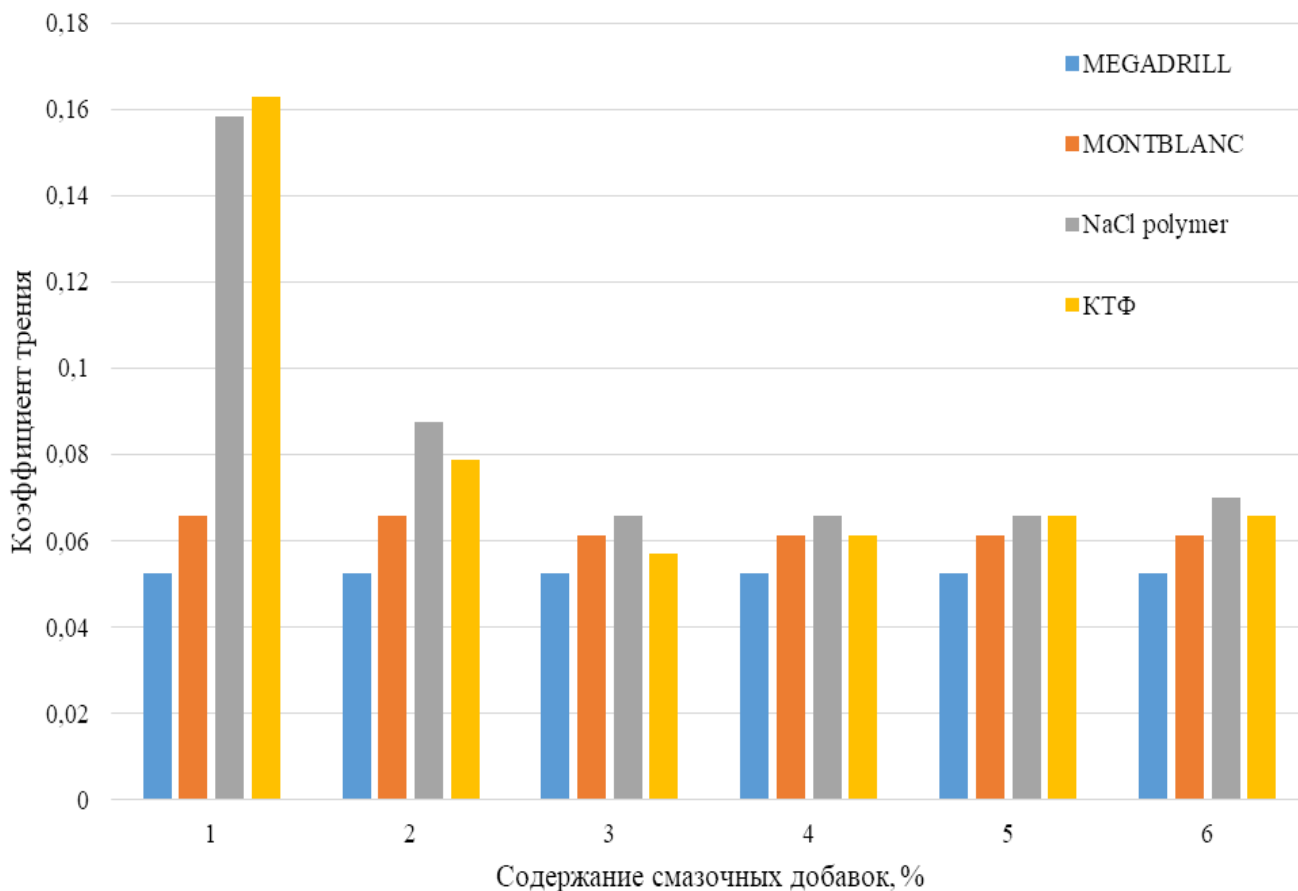
Измеряемый параметр	Единица измерения	Норматив	ГГ + смазка 0%	ГГ + смазка 2%	ГГ + смазка 4%	ГГ + смазка 6%	ГГ + смазка 8%	ГГ + смазка 10%
Плотность	г/см ³	1,17±0,03	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Водоотдача	см ³ /30мин	≤4	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7
Толщина корки	мм	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
pH	-	9-11	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
R600/R300	об/мин	-	53/38	54/39	54/39	56/41	55/41	55/41
R200/R100	об/мин	-	28/20	28/21	28/21	31/24	31/23	31/23
R6/R3	об/мин	-	11/8	11/8	11/8	12/9	12/10	12/10
Пластическая вязкость	сП	10-40	15	15	15	15	14	14
ДНС	фнт/100фт ²	15-35	23	24	24	26	27	27
СНС (10 сек/10 мин)	фнт/100фт ²	4-15 5-30	7/9	7/9	7/9	8/11	8/11	9/11
Хлориды Cl ⁻	мг/литр*10 ³	≥95	100	100	100	100	100	100
Коэффициент трения	-	-	0,1629	0,0787	0,0568	0,0612	0,0656	0,0656

Подводя итоги комплексного экспериментального исследования, можно выделить следующее:

1. Отмечено успешное использование смазочной добавки Lube 1017 OB, выраженное снижением коэффициента трения до 65% в сравнение с замером коэффициента трения без содержания смазочного агента. Данного значения удалось достичь уже при содержании смазки 4%. При содержании смазки 2% удалось достичь снижения коэффициента трения на 52%.

2. На протяжении всех экспериментов технологические параметры бурового раствора соответствовали нормативным показателям, но необходимо отметить о влиянии смазочной добавки на технологические параметры бурового раствора.

Для подведения итогов по всем экспериментальным исследованиями построена гистограмма, представленная на рисунке 3.



- 1: MEGADRLL – 70%, MONTBLANC – 30%, NaCl polymer – 0%, КТФ – 0%;
2: MEGADRLL – 72%, MONTBLANC – 32%, NaCl polymer – 2%, КТФ – 2%;
3: MEGADRLL – 74%, MONTBLANC – 34%, NaCl polymer – 4%, КТФ – 4%;
4: MEGADRLL – 76%, MONTBLANC – 36%, NaCl polymer – 6%, КТФ – 6%;
5: MEGADRLL – 78%, MONTBLANC – 38%, NaCl polymer – 8%, КТФ – 8%;
6: MEGADRLL – 80%, MONTBLANC – 40%, NaCl polymer – 10%, КТФ – 10%;

Рисунок 3 – Диаграмма сравнения коэффициента трения исследуемых систем.

Причем необходимо отметить, что наименьший коэффициент трения ожидаемо у обратной эмульсии, причем он стабилен при любой концентрации масла. Раствор с конденсированной твердой фазой с содержанием смазочной добавки Lube-1017OB 4% максимально приблизился к значениям коэффициента трения у обратной эмульсии.

Библиографический список:

1. Уляшева Н.М. Технология буровых жидкостей [Текст]: учеб. пособие; в 2 ч.; ч. 1 / Н.М. Уляшева. – Ухта: УГТУ, 2008. – 164 с., ил.

Анализ качества крепления скважин, пробуренных на ачимовские отложения в пределах Уренгойского НГКМ

Лысенко А. С., Трохов В. В., Логачёв Ю. Л.

Научный руководитель – Вороник А. М.

Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, г. Ухта, Россия

Исходя из практики ведения буровых работ, а также накопленного значительного опыта крепления скважин, можно сказать, что вопрос создания надежного барьера в заколонном пространстве скважины, представленного цементным камнем, с целью: разобщения пластов; предотвращения миграции пластовых флюидов; предотвращения протекания коррозионных процессов на поверхности обсадных колонн при их контакте с агрессивными флюидами; увеличения продолжительности срока службы скважины и так далее, остается открытым и в настоящее время.

Работы таких ученых как Агзамова Ф.А., Ашрафьяна М.О., Булатова А.В., Гукасова Н.А., Данюшевского В.С., Маковеев Н., Мирзаджанзаде А.Х., Саркисова Г.М., Соловьева Е.М. и многих других дают решения множества задач, направленных на повышение качества цементирования скважин. Однако, как показывают промысловые данные, в том числе и в настоящей работе, добиться высокого качества крепления (согласно какому-либо критерию, принятому тем или иным автором) достаточно сложная научно-техническая задача, комплексное решение которой только предстоит найти.

Согласно исследованиям Булатова А.В. [1], основным критерием надежного разобщения пластов, и как следствие качественного крепления обсадных колонн, является полное вытеснение бурового раствора тампонажным. Так как каналы, по которым может происходить движение пластовых флюидов, их контакт с обсадной колонной и так далее, образуются в оставшемся (невыветшенном) буровом растворе и фильтрационной корке в результате протекания физико-химических процессов на границе с цементным раствором-камнем. При этом стоит отметить, что наличие различного рода осложнений в стволе скважины, например, поглощение технологических жидкостей, серьезно препятствует решению поставленной задачи.

В настоящей работе приведены результаты анализа цементирования скважин, пробуренных на ачимовские отложения (пласты Ач₃₋₄ – 3600-3625 м и Ач₅ – 3640-3715 м) в пределах Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) в 2021 и 2023 годах. В 2021 году было закончено строительством 14 скважин, в 2023 – 12 скважин.

Уренгойское НГКМ расположено в нефтегазоносном районе Надым-Пурской области Ямало-Ненецкого автономного округа. Цель бурения анализируемых скважин – эксплуатация отложений ачимовской толщи. Кровля продуктивного пласта ачимовских отложений залегает на глубинах от 3550 до 4000 м. Характеризуются ачимовские отложения неоднородностью литологических толщ, а также высокими значениями забойных температур (100÷120 °С).

Строительство скважин осуществляется по единой проектной документации. Согласно проектным данным скважины наклонно-направленные с S-образным профилем, с максимальным зенитным углом 34° (рисунок 1). Конструкция скважин состоит из четырех обсадных колонн: кондуктора, промежуточной колонны, эксплуатационной колонны и хвостовика. В таблице 1 представлена подробная характеристика проектной конструкции законченных строительством скважин.

По проектным данным основными осложнениями являются кавернообразования, осыпи и обвалы стенок скважин, прихваты бурильного инструмента, поглощение бурового раствора, газоводопроявления.

Анализ результатов крепления рассматриваемых скважин базировался на основании фактических материалов бурения. Были проанализированы такие материалы как: отчеты авторского надзора за строительством скважин, результаты геофизических исследований по определению качества цементирования, учетные ведомости по цементированию, отчеты

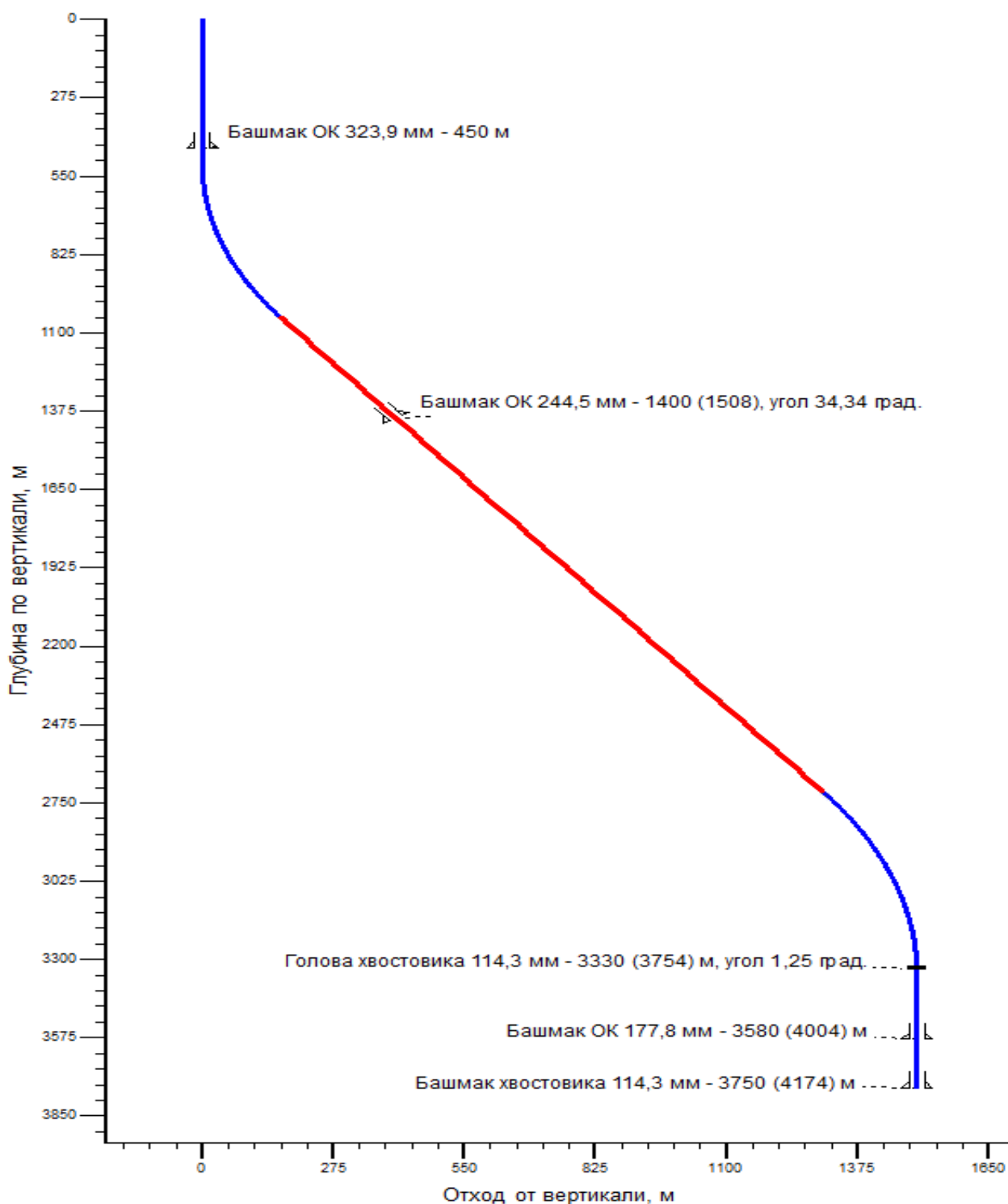


Рисунок 1 – Профиль скважины.

Службы супервайзинга, акты о возникновении и ликвидации осложнений и аварий и другая информация. Стоит отметить отсутствие в отчетных документах результатов лабораторного анализа тампонажных растворов, что затрудняло получение данных о параметрах закачиваемых тампонажных смесей, в частности, реологических характеристик.

Были проанализированы результаты крепления под промежуточную, эксплуатационную колонны и хвостовик. В результате анализа было установлено, что наиболее низкое качество крепления наблюдается в интервале крепления эксплуатационной колонны.

Так, по данным акустической цементометрии (АКЦ) по девяти скважинам, пробуренным в 2023 году, на рисунках 2 и 3 представлены данные контакта цементного камня с обсадной колонной и горной породой. Как видно из гистограммы на рисунке 2 наблюдается в основном

частичное сцепление цементного камня с колонной либо его отсутствие, при этом значение частичного контакта достигает более 80 % по длине эксплуатационной колонны на скважинах №№ 106, 110 и 111. Качество крепления, характеризующееся отсутствием контакта цементного камня с обсадной колонной, в основном достигает не более 25 %, наибольшее значение – 45 % наблюдается на одной скважине № 108.

Таблица 1 – Конструкция скважины.

Наименование колонны	Интервал спуска по вертикали/по стволу, м	Диаметр колонны, мм	Тип резьбового соединения	Тип тампонажного раствора	Интервал подъема тампонажного раствора по вертикали/по стволу, м	Плотность тампонажного раствора, кг/м ³
Кондуктор	0-450	323,9	ТМК UP FMC Батресс	CemFrost Lite	300-0	1550
				CemFrost	450-300	1850
Промежуточная колонна	0-1400/1508	244,5	ТМК UP FMC Батресс	ЦТРО АРМ	1200/1265-0	1500
				ЦТРС-50 АРМ	1400/1508-1200/1265	1850
Эксплуатационная колонна	0-3580/4004	177,8	ТМК UP GF	ЦТРОС-5-100 АРМ	2080/2331-0	1500
				ЦТРС-2 АРМ	3580/4004-2080/2331	1850
Хвостовик	3330/3754 – 3750/4174	114,3	ТМК UP PF	ЦТРС-2 АРМ	3750/4174-3330/3754	1850

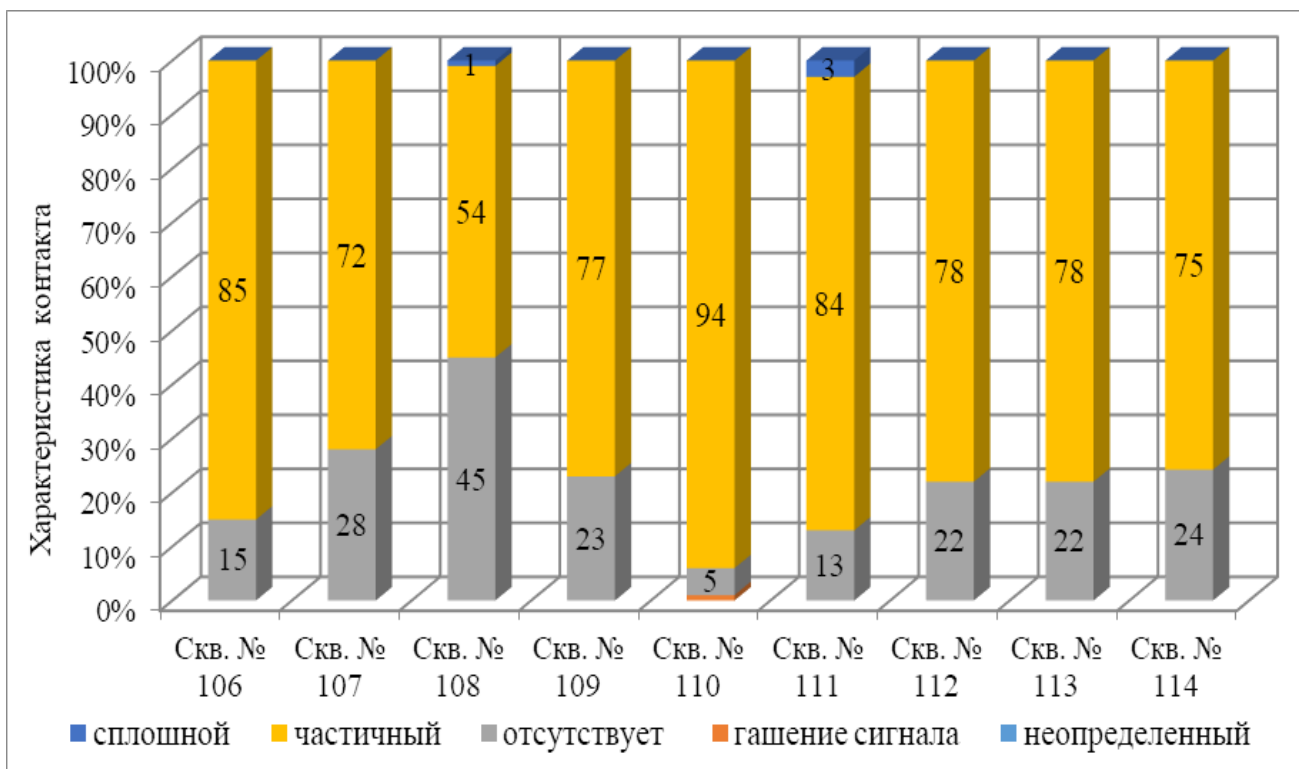


Рисунок 2 – Диаграмма контакта цементного камня с колонной в интервале эксплуатационной колонны.

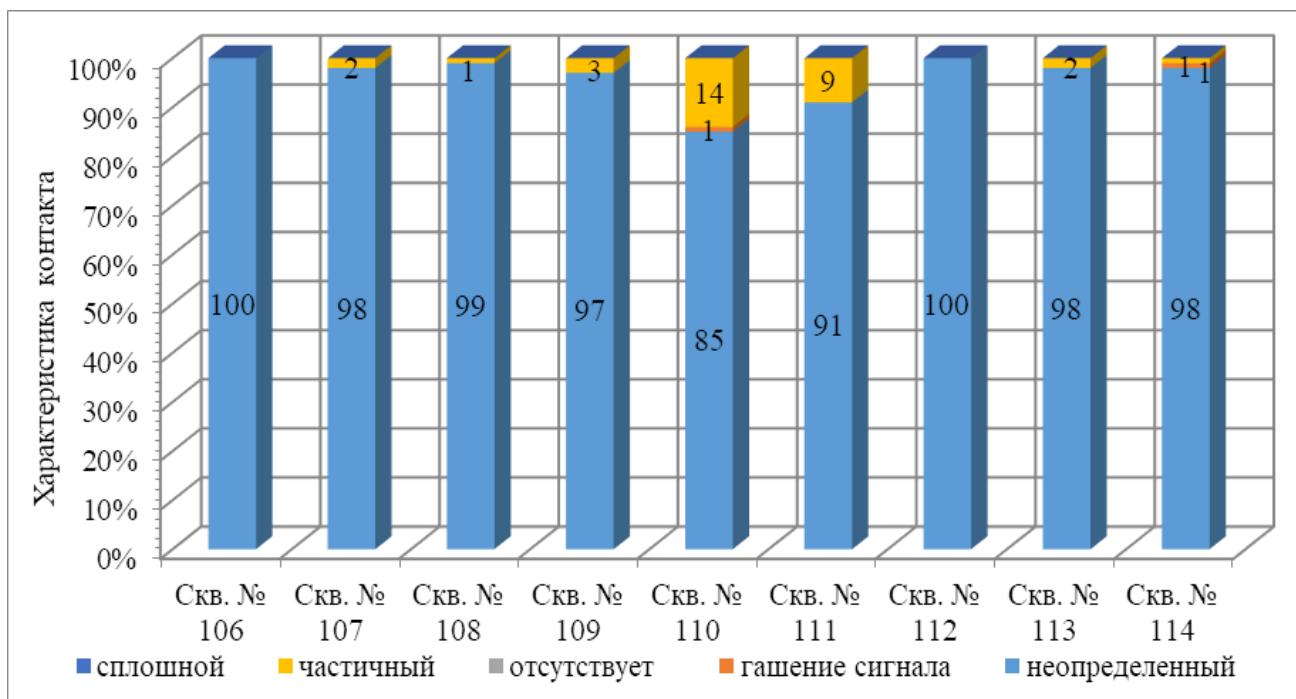


Рисунок 3 – Диаграмма контакта цементного камня с породой в интервале эксплуатационной колонны.

Контакт цементного камня с горными породами по данным АКЦ в основном характеризуется неопределенностью по длине эксплуатационной колонны, достигая значений более 90 % по восьми рассматриваемым скважинам и лишь на одной – менее данного значения – № 110, что обусловлено наличием частичного контакта цементного камня с породами до 14 %. Существенное наличие неопределенного контакта цементного камня с горными породами объясняется в работе [2] тем, что подход к интерпретации контакта цементного камня с породой однозначно не определен среди российских геофизических компаний, и в большинстве случаев при ухудшенном контакте цемента с колонной контакт с породой устанавливается как неопределенный, а при сплошном первом контакте контакт с породой устанавливается как сплошной.

На основании данных АКЦ нами была произведена оценка качества крепления рассматриваемых скважин по методике ОАО НПО «Бурение» ВНИИКРнефть.

Методика ОАО НПО «Бурение» ВНИИКРнефть заключается в определении коэффициентов качества сцепления цементного камня с колонной (K_k) и породой (K_n), а также коэффициента качества цементирования (K). В настоящей работе коэффициент качества цементирования (K) не определялся. Коэффициенты качества цементирования с колонной (K_k) и породой (K_n) определялись по следующим равенствам:

$$K_n = (1 \cdot A + 0,7 \cdot B) / (A + B + D), \quad (1)$$

где A , B , D – соответственно длины интервалов в местах с «хорошим», «частичным» («неопределенным») и «отсутствием» сцепления цементного камня с породой.

$$K_k = (1 \cdot A - 0,7 \cdot B + 0,3 \cdot C) / (A + B + C + D), \quad (2)$$

где A , B , C , D – соответственно длины интервалов в местах с «хорошим», «частичным», «плохим» и «отсутствием» сцепления цементного камня с колонной.

Шкала оценки коэффициентов качества цементирования базируется на шкале функции «желательности» при обработке экспериментальных данных.

При обработке данных качество сцепления оценивается по следующей шкале:

1. $1,00 \geq K_k (K_n) > 0,80$ – хорошее;
2. $0,80 \geq K_k (K_n) > 0,63$ – удовлетворительное;
3. $0,63 \geq K_k (K_n) > 0,20$ – плохое;
4. $0,20 \geq K_k (K_n) > 0$ – очень плохое.

Результаты расчетов коэффициентов качества сцепления цементного камня с колонной и породой приведены на рисунке 4.

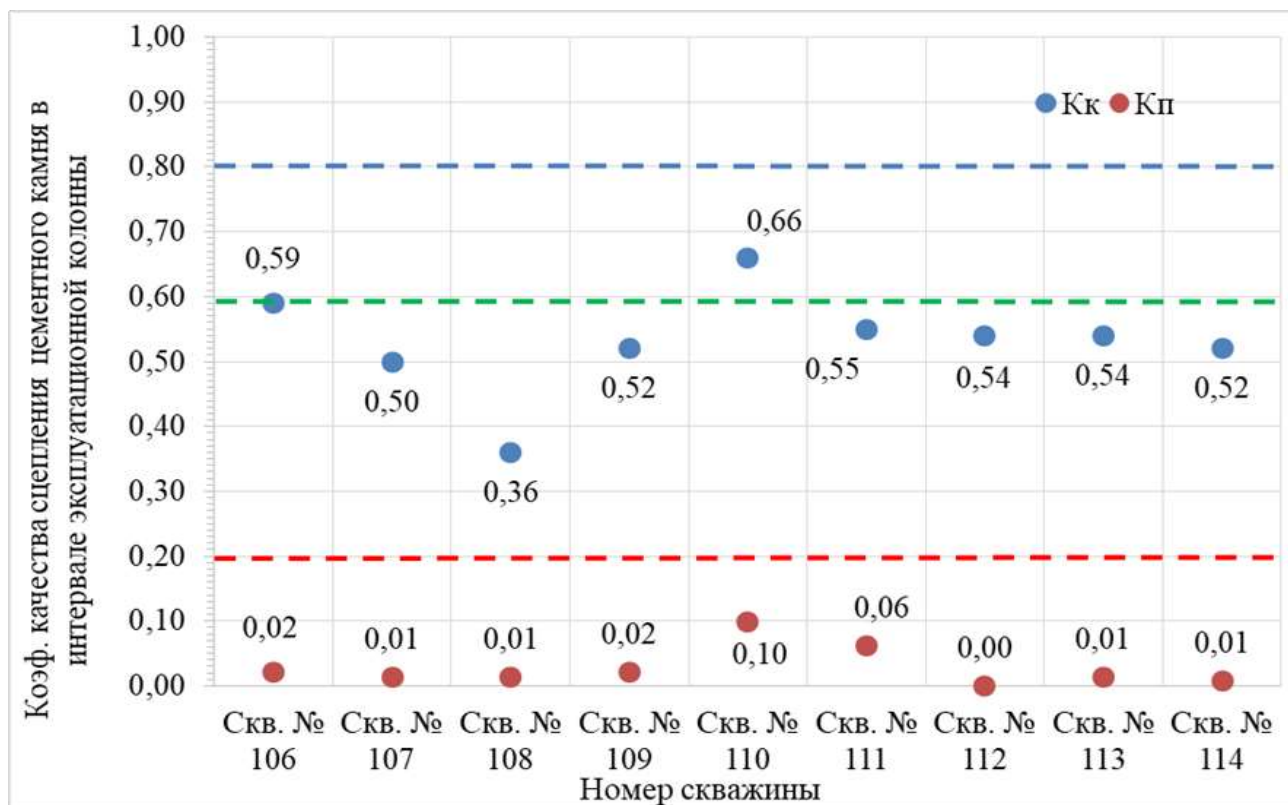


Рисунок 4 – Диаграмма коэффициента качества сцепления цементного камня в интервале эксплуатационной колонны.

На основании полученных результатов расчета можно сказать, что значение коэффициента качества сцепления цементного камня с колонной по восьми скважинам определяется как «плохое» и лишь по скважине № 110 как «удовлетворительное». Значение коэффициента качества сцепления цементного камня с породами по всем рассматриваемым скважинам определяется как «очень плохое». Стоит отметить, что данные геофизических исследований по качеству крепления скважин, полученные по результатам АКЦ, в частности, по сцеплению цементного камня с породой, со значительной долей погрешности могут не отражать реального сцепления, о чем свидетельствует работа [2].

Однако, проводя анализ имеющейся отчетной информации по скважинам, было установлено, что при цементировании ряда скважины в процессе цементирования наблюдались поглощения различной интенсивности с потерей циркуляции и недоподъемом тампонажного раствора до устья, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика инцидентов во время цементирования.

Номер скважины	Краткая характеристика инцидентов во время цементирования
106	Поглощение цементного раствора 43 м ³ . Выхода цемента на устье нет
107	Потеря циркуляции на 65 м ³ продавки
108	Выхода цемента на устье нет
109	Поглощение за время цементирования в объеме 7 м ³ . Выхода цемента на устье нет
111	Потеря циркуляции на 62,3 м ³ продавки
112	Поглощение цементного раствора 13 м ³ . Выхода цемента на устье нет
114	Выхода цемента на устье нет

Данные таблицы 2 указывают на то, что при цементировании в интервале эксплуатационной колонны на семи скважинах (по двум информация отсутствует) не был получен цементный раствор на устье, что связано с его поглощениями в процессе цементирования на стадии продавки тампонажного раствора в затрубное пространство. При этом существенное значение приобретает режим течения технологических жидкостей в заколонном пространстве при цементировании, особенно тампонажного раствора во время продавки, когда увеличивается давление на горные породы.

Для определения режима течения цементного раствора в затрубном пространстве в процессе продавки тампонажного раствора была определена критическая скорость потока ($V_{кр}$) по формуле (3), при превышении которой наблюдается переход от ламинарного режима течения к турбулентному.

$$V_{кр} = 25 \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}, \quad (3)$$

где τ – динамическое напряжение сдвига, дПа;

ρ – плотность, кг/м³.

Необходимый критический расход ($Q_{кр}$) для достижения расчетной критической скорости ($V_{кр}$) определялся по формуле

$$Q_{кр} = V_{кр} \frac{\pi}{4} (D^2 - d_n^2), \quad (4)$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с;

D – диаметр скважины, мм;

d_n – наружный диаметр буровых труб, мм.

По результатам расчета критический расход для реализации турбулентного режима прокачки тампонажного раствора в заколонном пространстве с учетом условий цементирования эксплуатационной колонны равен 27,11 л/с. При сопоставлении полученной величины с фактическими расходами, реализуемыми при продавке тампонажного раствора в заколонное пространство по анализируемым скважинам, представленным на рисунке 5, можно сказать, что ни на одной из скважин критический расход не был превышен. Цементирование эксплуатационных колонн осуществлялось при ламинарном течении тампонажного раствора.

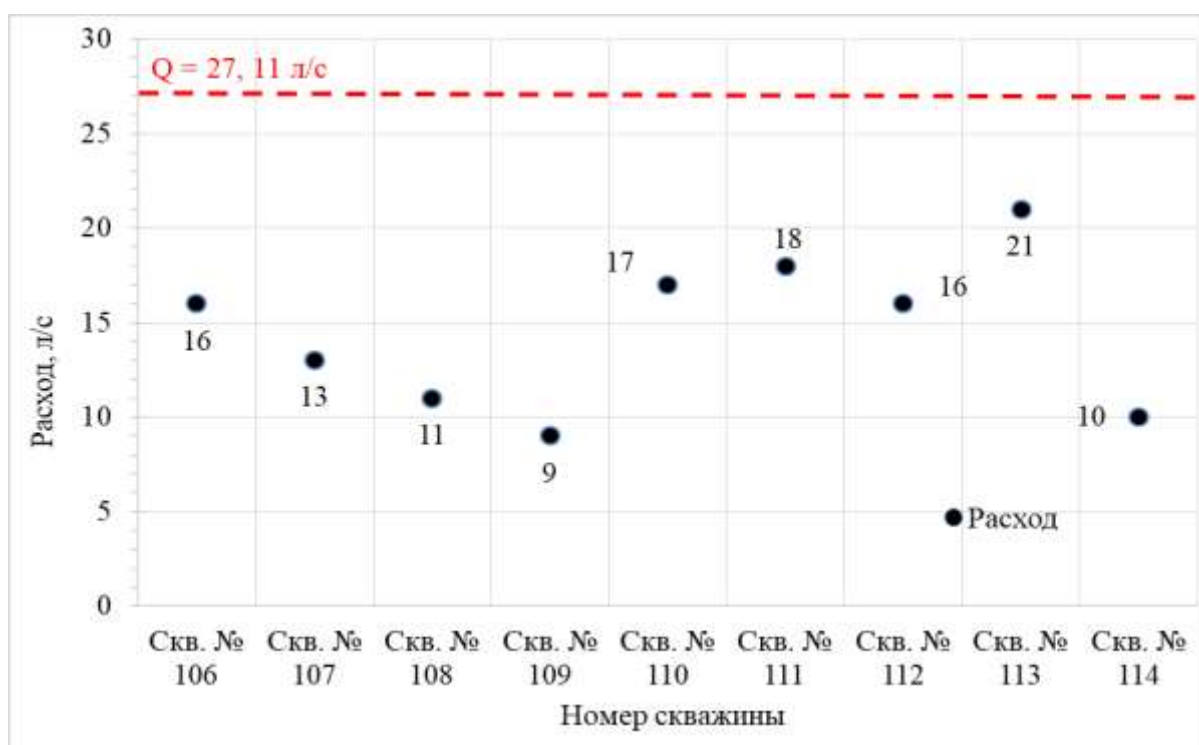


Рисунок 5 – Диаграмма зависимости расходов по скважинам.

Для полной оценки гидравлической программы цементирования необходимо проведение расчетов гидравлических параметров процесса цементирования для условий эксплуатационной колонны, что планируется провести в дальнейшем с учетом всех имеющихся промысловых данных.

В целом же можно сказать, что принятая технология цементирования эксплуатационных колонн при строительстве скважин на ачимовские отложения в пределах Уренгойского НГКМ не соответствует горно-геологическим условиям крепления. Это подтверждается наличием значительного количества скважин, где в процессе цементирования наблюдались поглощения цементного раствора с недоподъемом последнего до устья, что отрицательно сказывается на качестве проводимых работ и креплению эксплуатационной колонны. Данный вывод указывает на необходимость разработки технологических рекомендаций по совершенствованию технологии крепления эксплуатационных колонн при проводке скважин на ачимовские отложения в пределах Уренгойского НГКМ.

Библиографические ссылки:

1. Булатов А. И. Детективная биография герметичности крепи нефтяных и газовых скважин. 3-изд. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2009. – 934 с.
2. Искандиров М.В. Методика интерпретации и эффективность применения аппаратуры секторного акустического цементажа на месторождениях Удмуртской республики // Вестник Пермского университета. – Том 22, № 4. – 2023. – С. 9

УДК 622.244:532.54(042.3)

Теоретические подходы к выносу шлама из скважины при ламинарном течении вязкопластичной жидкости

Трохов В. В.¹, Вороник А. М.¹, Логачёв Ю. Л.²

1 - Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, г. Ухта, Россия

2 - Ухтинский государственный технический университет, г Ухта, Россия

Буровой раствор, заполняющий скважину, выполняет значительное количество различных функций, к основным из которых можно отнести:

- создание противодействия на стенки ствола скважины и напорные горизонты с целью поддержания устойчивого состояния первых и недопущения поступления пластового флюида из вторых;
- удержание выбуренной породы при отсутствии циркуляции бурового раствора и её вынос на дневную поверхность при ее наличии;
- предупреждение нарушения устойчивого состояния ствола скважины за счет регулирования физико-химических процессов при контакте бурового раствора с «активными» (вступающими в физико-химическое взаимодействие с буровым раствором и его компонентами) горными породами;
 - охлаждение и смазка долота;
 - снижение трения бурильного инструмента со стенками ствола скважины;
 - предупреждение различного рода осложнений (поглощение, дифференциальный прихват и др.);
 - качественное вскрытие продуктивных отложений;
 - предупреждение коррозии бурильного инструмента;
 - передача гидравлической мощности от насосов к забойному двигателю и др.

Все вышеперечисленные функции в той или иной степени играют важную роль в процессе безаварийной проводки скважины. Однако, на наш взгляд, с точки зрения выноса бурового шлама и очистки ствола скважины в настоящее время существует ряд вопросов, которые не получили однозначного ответа и остаются открытыми и по сей день. Например, какую скорость должен иметь поток бурового раствора для полного удаления шлама из скважины? Какими должны быть оптимальные реологические характеристики и плотность бурового раствора? Каким образом должны сочетаться значения этих параметров с различными технологическими ограничениями?

Да, безусловно, к настоящему времени специалистами и учеными выполнен значительный объем лабораторных и промысловых исследований, которые позволяют найти подходящее решение и предотвратить тем самым возникновение осложнений, связанных с накоплением шлама в стволе скважины (сальникообразование, прихваты бурильного инструмента и так далее). Однако, влияние многочисленных факторов и отсутствие верных и надежных критериев исключают возможность точного определения идеальных параметров промывочной жидкости и скорости ее восходящего потока в конкретных горно-геологических условиях.

Необходимая скорость для подъема выбуренной породы определяется темпом его накопления на забое или в стволе скважины, при этом определяющее значение имеет максимально допустимая объемная доля твердой фазы. Так, по мнению ряда исследователей, допустимая максимальная объемная доля шлама не должна превышать 5 % [1, 2], что обусловлено предупреждением различного рода осложнений (сальникообразование, прихваты бурильного инструмента и др.).

Исходя из вышеизложенного, объемная доля шлама в стволе скважины будет определяться выражением:

$$C = \frac{D^2 \vartheta_M}{(D^2 - d^2) \vartheta_{ш}}, \quad (1)$$

где D – диаметр скважины, м;
 ϑ_M – механическая скорость проходки; м/ч;
 d – наружный диаметр бурильных труб, м;
 $\vartheta_{ш}$ – средняя скорость подъема шлама.

Исходя из выражения (1) скорость подъема шлама из затрубного пространства можно определить:

$$\vartheta_{ш} = \frac{D^2 \vartheta_M}{(D^2 - d^2) C}, \quad (2)$$

При этом средняя скорость восходящего потока в затрубном пространстве определяется зависимостью:

$$\vartheta = \frac{4Q_n}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (3)$$

где Q_n – расход бурового раствора на насосе, м³/с;
 π – константа равная 3,14.

Также стоит отметить, что на частицы шлама, падающие в растворе, действуют силы, обусловленные касательными напряжениями, которые в свою очередь зависят от скоростей сдвига.

Напряжение сдвига вблизи частицы шлама, падающей в растворе:

$$\tau_p = 2,18 \sqrt{h_p (\rho_{п} - \rho_{бр})}, \quad (4)$$

где h_p – толщина частицы шлама равная 2/3 эквивалентного диаметра сферы ($d_э$), имеющей тот же объем V_p , что и частица произвольной формы;
 $\rho_{п}$ – плотность горной породы, кг/м³;
 $\rho_{бр}$ – плотность бурового раствора, кг/м³.

Эквивалентный диаметр сферы определяется выражением:

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6V_p}{\pi}}, \quad (5)$$

Скорость сдвига вблизи частиц шлама выражается из уравнения реологической модели жидкости: для ВПЖ – (6), для ППЖ – (7):

$$\gamma = \frac{\tau_p - \tau_0}{\eta}, \quad (6)$$

где τ_0 – динамическое напряжение сдвига, Па;
 η – пластическая вязкость, Па*с.

$$\gamma = \left(\frac{\tau_p}{K}\right)^{1/n}, \quad (7)$$

где K – индекс (показатель) консистенции псевдопластической жидкости;
 n – показатель нелинейности (степенная жидкость).

Где необходимым условием является получение реологических параметров исследуемой жидкости и в данном случае либо они определяются в лабораторных условиях с помощью ротационных вискозиметров, либо один из параметров может задаваться произвольно, учитывая состав бурового раствора. Тогда другой параметр будет вычисляться из условия удовлетворительного транспортирования шлама при заданном расходе промывочной жидкости и максимальном размере выносимых частиц шлама

В результате, скорость проскальзывания (падения) частиц (u) можно найти по формуле Чьена [1, 2]:

$$u = (\vartheta_{\text{ч}} - \vartheta_{\text{ш}}) / a, \quad (8)$$

где $\vartheta_{\text{ч}}$ – необходимая скорость восходящего потока, по мнению Чьена, м/с;
 a – коэффициент, учитывающий характер профиля скоростей в затрубье.

Также скорость проскальзывания частиц можно определить по формуле Ритингера. Вывод формулы приведен в работах [1, 3].

Коэффициент a , приведенный в формуле (8), зависит от режима течения жидкости в затрубном пространстве. Так, при турбулентном режиме $a \approx 1$, поскольку более чем 80% площади проходного сечения канала течения скорости превышают среднее по сечению значение. А при ламинарном режиме коэффициент a находится в пределах: $1 < a < 2,6$. Его можно определить из графика на рисунке 1 в зависимости от соотношения реологических характеристик раствора, предполагая, что не менее 80% площади проходного сечения канала имеет скорости, превышающие среднее по сечению значение [1].

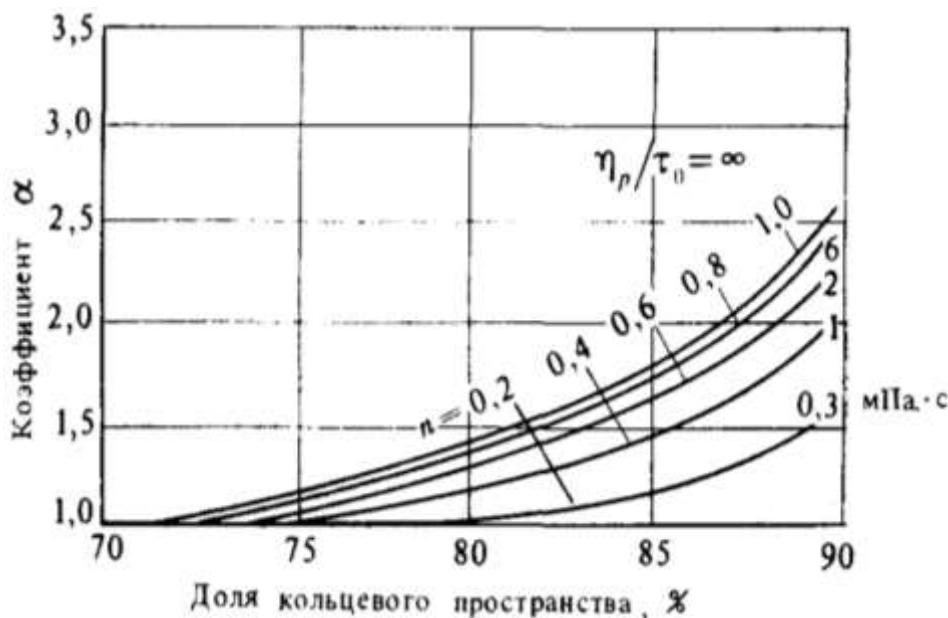


Рисунок 1 – Изменение коэффициента a .

Зависимости по определению констант реологических моделей приведены в работах [1, 2].

Как видно из изложенного подхода в нем принят ряд допущений, в первую очередь связанного с коэффициентом a , то есть предполагается, что не менее 80% площади проходного сечения канала имеет скорости превышающие среднее по сечению значение. Да и сам подход основан на определении скорости, как основного критерия, по которому происходит оценка транспортирования частиц шлама на дневную поверхность.

Однако, в зависимости от режима течения жидкости в кольцевом пространстве профили скоростей потока будут значительно отличаться.

Рассмотрен изменение профиля скоростей вязкопластичной жидкости при различных расходах (рисунок 2) и влияние расхода промывочной жидкости на изменение размеров структурного ядра потока той же жидкости (рисунок 3) при ее движении в круглой трубе, согласно работе [4].

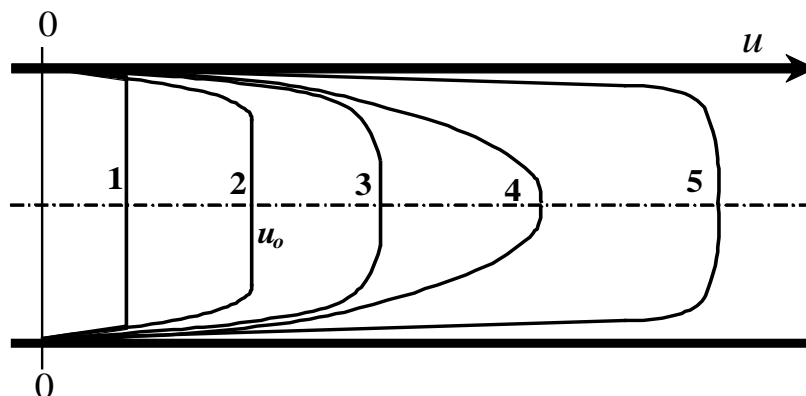


Рисунок 2 – Эпюры скоростей в сечении потока вязкопластичной жидкости при различных расходах и режимах движения.

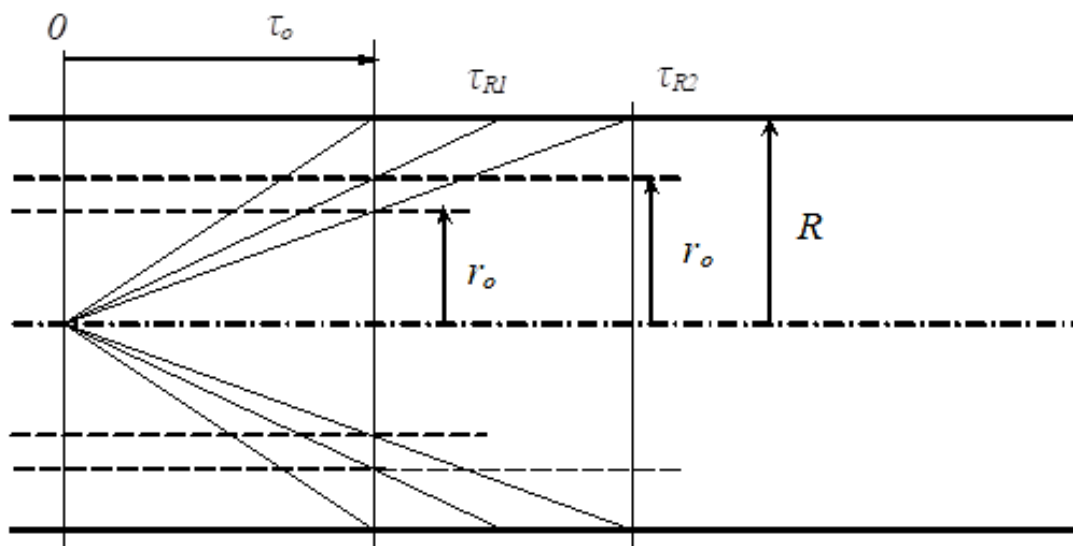


Рисунок 3 – Влияние расхода на размеры структурного ядра потока вязкопластичной жидкости в круглой трубе.

На рисунке 3 показаны три эпюры, которые соответствуют трем перепадам давления в зависимости от изменения расхода вязкопластичной жидкости при ее движении в круглой трубе. Начало движение жидкости, когда давление только превышает, то давление, которое необходимо создать для разрушения структуры раствора и обеспечения начала его движения, показано эпюрой 1. При этом напряжение на стенке τ_r практически равно прочности жидкости τ_0 . В данном случае, на стенке скважины образуется незначительный сдвиговой (градиентный) слой – вязкопластичная жидкость движется как твердое тело. Эпюра скоростей, характеризующая данное движение жидкости, показана на рисунке 2 (эпюра 1). В дальнейшем, при увеличении расхода вязкопластичной жидкости, возрастают потери давления, и эпюра займет положение 2 (рисунок 3). Линейный характер зависимости $\tau = f(y)$ сохраняется. На радиусе $y = r_0$ будет иметь место равенство напряжения τ и прочности τ_0 . Исходя из этого, в интервале между r_0 и R будет наблюдаться градиентный слой, где скорость течения жидкости будет изменяться от нуля на стенке до максимального значения u_0 на поверхности структурного ядра потока с радиусом r_0 .

При следующем увеличении расхода и как следствие давления, эпюра касательных напряжений между слоями жидкости увеличится, а на стенке трубы напряжение увеличится до τ_{R2} (эпюра 3 на рисунке 3). Скорость структурного ядра потока возрастет до u_0 (эпюра 2 на рисунке 2), а слой где касательные напряжения будут равны структурной прочности (τ_0) будет находиться на $y = r_0$.

Подводя итог вышесказанному, увеличение расхода вязкопластичной жидкости сопровождающееся повышением давления, приводит к уменьшению радиуса структурного ядра потока и увеличению градиентного слоя, где скорость падает до нуля у стенки скважины, но при этом касательные напряжения увеличиваются и достигают своего максимума.

Сделанный вывод относительно изменения r_0 имеет важное практическое значение не только в случае вытеснения одной вязкопластичной жидкостью в трубах другой, например, при цементировании обсадных колонн, но и при транспорте частиц шлама на дневную поверхность. Соответственно, чем меньше радиус структурного ядра, тем большую площадь занимает градиентный слой, тем более стремительно по направлению к стенке трубы будет падать скорость и в какой-то момент времени ее будет недостаточно для движения частиц шлама. А учитывая рост касательных напряжений, можно сказать, что возле стенки они будут иметь важное значение для сдвига частиц шлама и дальнейшее его передвижения, то есть при ламинарном течении вязкопластичной жидкости в градиентном слое уже не скорость будет иметь превалирующее значение для движения частиц шлама, а касательные напряжения.

Найти значения касательных напряжений возможно решая задачу по определению профиля скоростей, которая впервые была реализована Воларовичем М.П. и Гуткиным А.М. [1, 3].

Библиографический список:

1. Маковей Н. Гидравлика в бурении. // Пер. с рум. – М.: Недра, 1986. – 536 с.
2. Михарев В.В, Буслаев В.Ф., Уляшёва Н.М., Логачёв Ю.Л. Строительство кустовых направленных скважин; научная монография – Ухта: Региональный Дом печати, 2004 г. – 230 с.
3. Леонов Е.Г., Исаев В.И. Гидроаэромеханика в бурении: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 304 с.
4. Осипов П.Ф. Гидроаэромеханика бурения и крепления скважин: Учебное пособие. – Ухта: УГТУ, 2004. – 204 с.



СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

УДК550.8.01

К вопросу состава песка Халактырского пляжа на Камчатке

Ширинкина В. М.

Научный руководитель – Панкратова К. В.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В данной работе рассмотрен магнитный чёрный песок, собранный на Халактырском пляже (Камчатка). Актуальность работы определяется повышенным интересом к пескам для лечения, однако информации о минеральном и гранулометрическом составе минимальна. Уникальные условия образования этого песка увеличивают заинтересованность к нему. Был проведён ряд лабораторных исследований, в результате которых были получены данные о минеральном и гранулометрическом составе, магнитных чёрных песков Камчатки. Выполнен литературный обзор по данному вопросу.

Ключевые слова: магнитный чёрный песок, Халактырский пляж, минеральный состав песка, гранулометрический состав песка, классификация песка.

Введение. Магнитные чёрные пески давно вызывают интерес своими бальнеологическими свойствами. Но при всем многообразии информации о лечебных свойствах песка, отсутствуют данные об инженерно-геологической классификации этого грунта.

Грунт отобран с Халактырского пляжа на Камчатке. Халактырское месторождение титаномагнетитовых песков расположено на восточном побережье полуострова Камчатки, россыпь ограничена береговой линией океана. Вдоль побережья она протягивается на 32 км. Месторождение образовалось за счет размыва и выноса реками рыхлых туфов и шлаков Авачинского и Козельского вулканов. [1,2] В геологическом отношении Камчатка относится к зоне активной вулканической деятельности, имеется около 300 крупных и средних вулканов, 29 из них являются действующими, из них самый большой вулкан Евразии – Ключевская Сопка.[3]

Помимо Халактырского пляжа на Камчатке (Россия), чёрные магнитные пески можно также встретить в Сарафово (Бургас, Болгария) и в посёлке Уреки (Грузия).

В открытых источниках приводятся данные только по классификациям песков Халактырского пляжа по строительным классификациям.

Цель работы – инженерно-геологическая классификация магнитного песка по минеральному и зерновому составу. Состав гранулометрический - количественная характеристика состава грунта - содержание в глинистых и песчаных грунтах частиц (фракций) различных размеров. Содержание каждой фракции определяется как отношение её абсолютно сухой массы к абсолютно сухой массе навески всего грунта, выражаемое в процентах. Минеральный состав грунтов - состав твёрдых компонент грунта - кристаллов, обломков, зёрен, примесей, включений, цементирующего вещества. [4]

Методы. Для классификации чёрных магнитных песков нужно было исследовать их состав. Изучение минерального и зернового состава грунтов производилось по методикам, представленных в ГОСТе 12536-2014. Лабораторные исследования проведены на базе Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II.

Результаты. В минеральном составе можно выделить преобладание амфиболы (до 23%), кварца (до 21%) и сростки амфибол-пироксеновых с магнетитом (таблица 1). Отмечены единичные значения титанита, кальцита, гипса, цикрона, доломита, оливина, а также возможно присутствие апатита (таблица 1).

Гранулометрический состав песка выполнен ситовым методом без промывки по ГОСТ 12536-20142 (таблица 2).

Результаты показывают преобладание процентного содержания фракций 0,5-0,25 и 1-0,5 мм 53,5% и 43,8% соответственно. Процентное содержание пылеватых и глинистых фракций в совокупности составило менее 0,1%. По ГОСТ 25100-2020 грунт является песком средней крупности, по классификации Охотина – песком среднезернистым.

Таблица 1 – Минеральный состав грунта [материалы авторов].

Название минерала	Содержание минерала в пробе, об. %
Амфиболы	23
Кварц	21
Сростки амфибол-пироксеновые с магнетитом	11
Ильменит	9
Магнетит, титаномагнетит	7,5-8
Пироксены	7
Гранат	6,5
Гидроксиды железа	6,5
Полевые шпаты	5
Турмалин	1,5-2
Ставролит	0,5-1
Титанит	Ед. зн.
Оливин	Ед. зн.
Апатит	Ед. зн.
Кальцит (реакция сHCl)	Ед. зн.
Доломит (реакция сHCl)	Ед. зн.
Цикрон (единичное зерно)	Ед. зн.
Гипс (единичное зерно)	Ед. зн.

Таблица 2 – Гранулометрический состав грунта в % по фракциям в мм [материалы авторов].

>2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	<0,1 мм
<0,1	0,7	43,8	53,5	2,0	<0,1

С помощью кумулятивной логарифмической кривой (рисунок 1) был определён коэффициент неоднородности изучаемого грунта ($C_u = 1,83$), что означает, что песок однородный.

Обсуждение. Для инженерно-геологической классификации в первую очередь важны следующие характеристики грунта: гранулометрический состав, однородность, минеральный состав.

Заключение. В результате лабораторных исследований были получены данные о чёрном магнитном песке, который имеет уникальные условия образования и свойства. Данный грунт можно классифицировать по ГОСТ 25100-2020 как среднезернистый и однородный. По минеральному составу преобладают амфиболы (до 23%), кварц (до 21%) и сростки амфибол-пироксеновых с магнетитом.

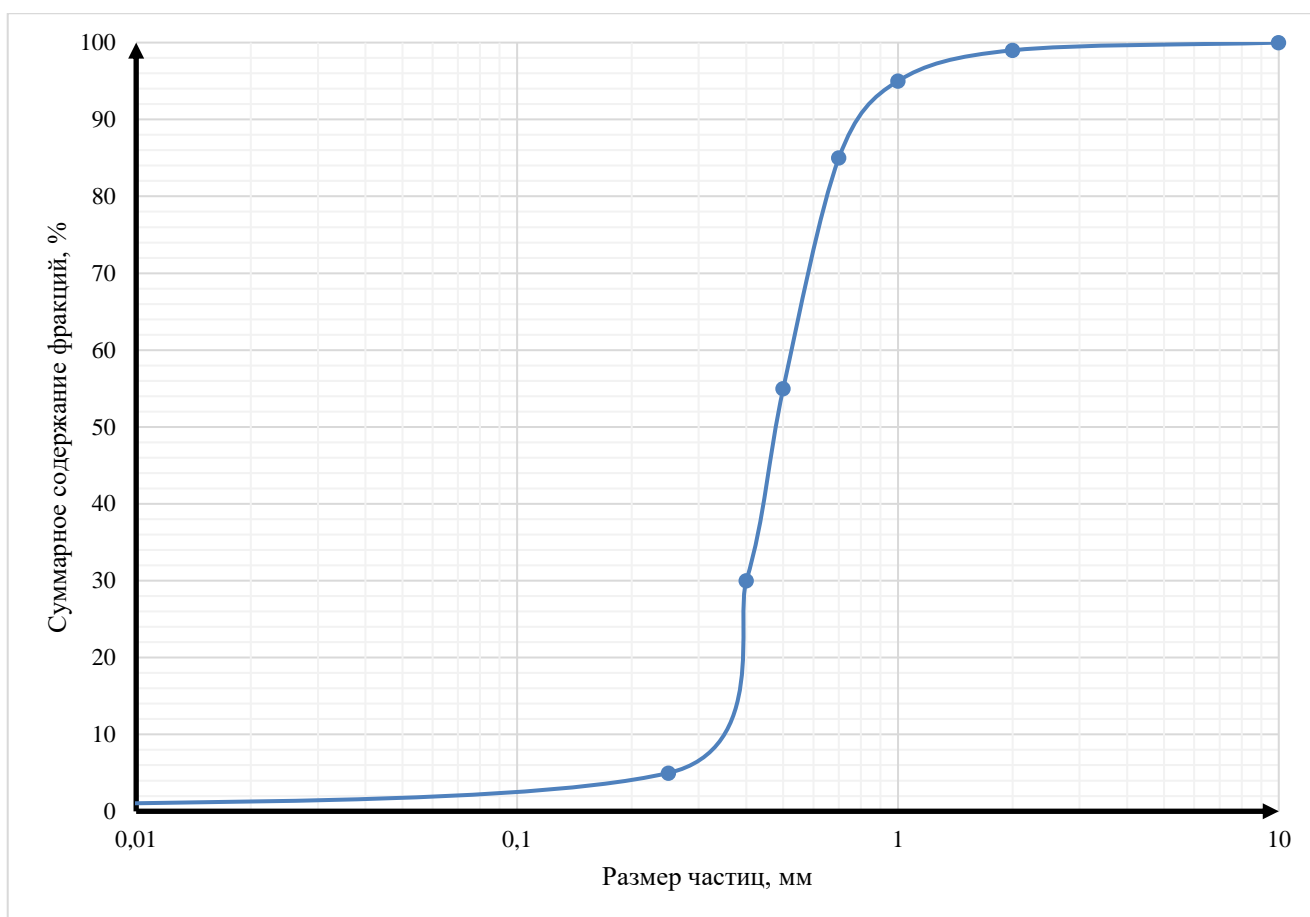


Рисунок 1 – Кумулятивная кривая гранулометрического состава пробы песка [материалы авторов].

Библиографический список:

- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микро агрегатного состава: Межгосударственный стандарт: дата введения 05-12-2014 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
- ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация: Межгосударственный стандарт: дата введения 30-04-2020 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 38 с.
- Хомчановский А.Л., Батанов Ф.И. Проект системы мониторинга Халактырского пляжа (Камчатка) // Труды XI Международной научно-практической конференции: сб. науч. ст. – Тверь. – 2022. – С. 240-243.
- Пинегина Т.К., Базанова Л.И. Новые данные о параметрах исторических цунами на побережье Авачинского залива (Камчатка) // Вестник камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. Серия: науки о земле: сб. науч. ст. – Петропавловск-Камчатский. – 2016. – С. 5-17.
- Юрманов А., Сазонов А., Аленова А., Басалай К., Козизода А., Синчук Н., Тигранян М., Bassiouny M., Khale A., Tawfik J. Халактырский пляж: проблемы и перспективы устойчивого развития//Научно-практическая конференция «Геосистемы северо-восточной Азии»: сб. науч. ст. – Владивосток. – 2023. – С. 201-205. – DOI: 10.35735/9785604844175_201.
- Пашкин Е. М., Каган А. А., Кривоногова Н. Ф.; Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии: – КДУ – 2011. – 456 с., 720 с.
- Панкратова К.В., Жукова А.М. Микроорганизмы в грунтах: факторы развития, методика количественной оценки и инженерно-геологическое значение//Материалы II международной

- заочной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов: сб. науч. ст. – Белгород. – 2012. – С. 22-28.
9. Кунгурова В. Е. Минеральный состав титаномагнетитовых песков Халактырского месторождения (Юго-Восточная Камчатка) // Горный информационно-аналитический бюллетень: сб. науч. ст. – 2021. – № 11. – СБ 19. – С. 14–24. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_11_19_14.
10. Иванкова А.И., Фролова А.С., Голуков И.В., Семаль В.А., Нестерова О.В. Сравнительный анализ гранулометрического состава почв Авачинского залива//Аграрный вестник приморья: сб. науч. ст. – Владивосток. – 2021. – С. 7-10.
11. Коршунов Е. А., Буркин С. П. Технология переработки титаномагнетитовых песков и руд/Инновационные технологии в металлургии и машиностроении. Материалы 6-й международной молодежной научно-практической конференции. – Екатеринбург. – 2013. – С. 751–757.
12. Ефремов И. Освоение Халактырского месторождения титаномагнетитовых песков - ресурс стратегического развития Камчатки//Горный вестник Камчатки: сб. науч. ст. – 2021. – №2 (51). – С. 71-76.
13. Агапкин И. А. Сравнение гранулометрического состава камчатских пеплов с лунным реголитом//19-я Конф. молодых учёных «Фундамент. и приклад. космич. исслед», ИКИ РАН: сб. науч. ст. – Москва. – 2022 – С. 5-7. – DOI: 10.21046/KMU-2022-5-7 EDN: KFNQMW.
14. Жукова А.М., Панкратова К.В. Некоторые данные о воздействии органической компоненты на свойства песков в процессе их загрязнения//Девятая межвузовская молодежная конференция: сб. науч. ст. – СПб. – 2008. – С. 200-201.

УДК 55+552.578.2.061.3

Об одном старинном геологическом споре. Новые доказательства космической теории происхождения нефти

Култашев А. К.

Научный руководитель – Демченко Н. П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

“Теория, основанная на новом принципе, теория, вынужденная завоевывать себе признание, опровергая общепринятые мнения теоретизирующих ученых, и тот, кто в качестве ее рекомендации может указать лишь на точность исходных принципов..., неизбежно сталкиваются с сильнейшей оппозицией, вызванной предубеждениями ученых и предрассудками тех, мнение которых формируется не в соответствии с собственными суждениями, а с оглядкой на авторитет людей науки.”

Джеймс Геттон «Теория Земли» (1795).

К изучению геологии, как и любой другой науки, подходят по-разному. Дискуссион по ряду кардинальных вопросов геологии сыграли исключительно важную роль в становлении науки о Земле. В ходе этих споров были решены некоторые крупные теоретические вопросы геологии. Но еще важнее то, что при этом вырабатывалось геологическое мировоззрение и стиль мышления, которые свойственны геологии сегодняшнего дня. Хотя речь в данном случае идет о геологических проблемах, суть дискуссий имеет более общее значение; на их примере вскрываются закономерности общего характера, имеющие отношение к любым естественным наукам.

Важнейшей проблемой геологии является проблема происхождения и изменения облика Земли. Все остальные вопросы, в любом случае, связаны с решением данной проблемы, так как любой геологический процесс является частью общего процесса формирования и развития Земли.

1. Древние ученые

У древних ученых возникали споры о форме планеты. Одни считали, что Земля похожа на куб или диск, другие, что наша планета - шар.

Также заходили споры о том, вращается ли Земля вокруг Солнца или Солнце вращается вокруг нее. Были созданы геоцентрическая и гелиоцентрическая модели Солнечной системы.

Предложенные древними учеными прогрессивные для своего времени геологические идеи, не получили развития и были забыты на долгое время. Лишь много веков спустя их теории стали объектом изучения геологии.

2. Нептунисты и плутонисты

Во второй половине XVIII - первой половине XIX века произошел знаменитый спор нептунистов и плутонистов. Он широко обсуждался учеными всего мира.

Нептунисты считали, что вода является главным источником преобразования облика Земли. Они утверждали, что все горные породы, образовались путем осаждения частиц из морской воды, включая базальт и гранит. Плутонисты объясняли эти процессы действием расплавленных магм.

3. Катастрофисты и униформисты

Также возникали споры о развитии Земли и возникновении биологических видов.

Катастрофизм рассматривает геологическую историю Земли как относительно стабильную с периодическими и резкими событиями катаклизмов.

Униформисты же считают, что действия, изменяющие земную кору, представляют собой непрерывные и однородные процессы, такие как выветривание, эрозия, непрерывный и периодический вулканизм, землетрясения и другие события, связанные с теорией тектоники плит.

4. Ледниковая теория

Споры возникали и по поводу нахождения скоплений отложений нехарактерных данному геологическому региону. Примером могут служить хаотические скопления отложений, включающие в себя самые разные геологические образования, которые были обнаружены на севере Европы и вокруг Альп. Высказывались предположения о том, что эти отложения появились в процессе наводнения или внезапном подъеме земной коры, или из-за движения ледников.

5. Дрейф континентов

Также возникали споры о дрейфе континентов. Считалось, что раньше на Земле был один большой пракоинконтинент – Пангея. Затем Пангея раскололась и продолжала распадаться на более мелкие части, пока расположение материков не приняло современный вид.

6. Теории происхождения нефти

Вопрос происхождения нефти уже целый век вызывает геологические споры. Начало развития нефтяной промышленности, современных технологий дало толчок к появлению различных научных гипотез по этому вопросу.

7. Биогенная (органическая) и абиогенная (неорганическая) теория происхождения нефти.

Вплоть до XIX века существовали 2 гипотезы происхождения нефти.

Биогенная – предполагает, что природный газ и нефть образовались в ходе многоступенчатого процесса из растительных и животных остатков. Этот процесс продолжался миллионы лет. Она была опровергнута Дмитрием Менделеевым. Он считал, что вода, проникая через разломы земной коры, при высокой температуре и давлении образует с карбидами железа углеводороды и оксиды железа. Они поднимаются в верхние слои, где происходит насыщение пористых пород. Лабораторным путем Менделеев доказал, что эти химические процессы ведут к образованию газовых и нефтяных месторождений. Опытным путем он получил водород и ненасыщенные углеводороды, когда воздействовал серной кислотой на чугун, содержащий достаточное количество углерода.

Основываясь на опытах Менделеева, в 1877-1878 годах французские ученые получили водород и большое количество углеводородов. Они воздействовали соляной кислотой на зеркальный чугун и водяными парами на железо при белом калении. Полученные углеводороды по запаху напоминали нефть.

В дальнейшем Николай Александрович Кудрявцев, советский ученый-геолог, подтвердил мнение Менделеева на практике. Доказательной базой несостоятельности органической теории стал внушительный геологический материал по нефтяным и газовым месторождениям мира, который он собрал и обобщил.

Он начал с систематизации данных о проявлениях углеводородов в изверженных и метаморфических породах. На основе собственных наблюдений и данных, собранных другими учеными, Кудрявцев установил связь между нефтепроявлениями и глубинными разломами, то

есть показал реальные пути миграции углеводородов из недр земли в осадочный чехол. Он пришел к выводу, что разломы не только являются путями для поступления флюидов с глубин, но и создают структурные ловушки для формирования залежей углеводородов.

В районе Мархининского вала на севере Сибири, очень часто обнаруживаются выходы нефти на поверхность. Все горные породы на глубину до 2 километров пропитаны нефтью. Как показал анализ, количество углерода, который образовался одновременно с породой очень мало – 0,02-0,4%. По мере удаления от вала количество пород, которые богаты органическими соединениями, увеличивается, а количество нефти резко уменьшается. На основании полученных данных ученый утверждал, что нефтегазонасность Мархининского вала связана, скорее всего, с глубинным разломом, по которому нефть поднимается из недр планеты, а не с органическим веществом.

Абиогенная (неорганическая) теория предполагает, что образование жидких углеводородов является результатом протекающих в недрах Земли геологических процессов, и они никак не связаны с биологическими процессами. Сторонники абиогенной гипотезы во главе с Николаем Кудрявцевым считали, что процесс образования нефти происходит постоянно.

Подтверждением тому стало открытие в России 30 лет назад факта пополнения углеводородов в эксплуатируемых месторождениях. Так считает ведущий научный сотрудник Института проблем нефти и газа РАН, кандидат физико-математических наук Азарий Баренбаум. Он разработал биосферную концепцию нефтегазообразования. Она была представлена в тезисах к докладу Баренбаума на конференции «Перспективы развития нефтегазовых компаний России» в рамках Татарстанского нефтегазохимического форума (31 августа - 1 сентября 2023).

Биосферная концепция нефтегазообразования стала новой нефтегазовой парадигмой, нефть и газ рассматриваются как неуничтожимые полезные ископаемые. Она связывает образование углеводородов с геохимическим круговоротом углерода и воды согласно учению Владимира Вернадского. Решение проблемы нефтегазообразования должно принимать во внимание три фундаментальных явления природы, открытых российскими учеными в последние 40 лет: геохимическое, гидрогеологическое, астрофизическое. Последнее предполагает бомбардировки Земли кометами, что подводит нас к рассмотрению космической теории происхождения нефти.

8. Космическая теория

В 1889 году профессором Василием Дмитриевичем Соколовым была выдвинута третья - космическая теория. На тот момент она не нашла последователей среди ученых в связи с отсутствием веских доказательств.

Ученый считал, что углеводороды сформировались из рассеянных водородных и углеродных элементов в космосе и попали в структуру земного вещества на начальном этапе формирования планеты.

Сегодня данная теория находит новых последователей. Развитие науки и технологии позволило подтвердить право на существование космической теории. С помощью исследовательских орбитальных станций и телескопов для проведения спектрального анализа космических объектов, подтвердили наличие углеводородных радикалов на звездах и метеоритах, что дало толчок к развитию этой теории.

9. Доказательства

Доктор геолого-минералогических наук, представитель Института проблем нефти и газа Азарий Баренбаум сказал: «Углеводородные соединения попадают на планеты солнечной системы с помощью комет. Примерно 5 миллиардов лет назад наша планета тоже подверглась кометной атаке, на Землю попали углеводороды». С помощью спектрального анализа в головах и хвостах комет обнаружили радикалы, куда входят кислород и углеводород.

За прошедшие годы космические аппараты Джотто, Вега-1, Вега-2 и многие другие неоднократно попадали в хвосты комет и также опускались на их поверхность. В голове комет были обнаружены нейтральные молекулы углерода, углекислоты, метана, воды и углеводорода. В хвосте – ионы оксида углерода, углеводорода и воды. Но только у комет, имеющих газовые, плазменные хвосты. Твердые элементы комет составлены из мелких частиц минералов и пород, известных на Земле.

Он считал, что хвосты комет содержат в основном газообразный углерод и водород. Во время полета в космосе эти вещества не сгорают, так как отсутствует кислород. Но проходя через атмосферу Земли эти газы, возгорятся, потому что кислород в атмосфере уже присутствует. Если углерод и водород, или их испарения проникнут в атмосферу большой массой, то часть ее сгорит. Оставшаяся же часть не возгорится, но за счет большой скорости перейдет в жидкое состояние. На земле это вещество проникнет в щели земной коры и в поры почвы. Если это жидкое вещество попадет на воду, то оно будет плавать сверху, при условии, что к тому времени огонь иссякнет. Падение вязкой жидкости на землю, которая горела и источала густой дым, встречается в устных и письменных преданиях разных народов. Во всех странах, в преданиях которых встречаются упоминания об огненном дожде в настоящее время, располагаются нефтяные месторождения.

Ученые из Института Макс Планка в Германии обнаружили крупные залежи молекул углеводорода в туманности Конская Голова в созвездии Ориона. С помощью 30-ти метрового телескопа IRAM для астрономических наблюдений, они смогли обнаружить 30 молекул, включая небольшие углеводороды, которые находятся в составе нефти и природного газа. Эти молекулы были образованы в ходе распада продуктов отхода умирающих звезд, называемых полициклические ароматические углеводы (ПАУ).

В начале 2008 года американский космический аппарат «Кассини» обнаружил на Титане – спутнике Сатурна – озера и моря из углеводородов. Они заполнены сжиженным газом и соединениями, похожими на нефть. А темные дюны на экваторе планеты хранят в несколько сотен раз больше угля, чем вся наша планета. Водоемы сосредоточены в приполярных областях. Крупнейшие из них, которые называют морями, располагаются, только в северном полушарии спутника.

При исследовании метеоритов были обнаружены органические соединения - углеводороды, аминокислоты, гетероциклические соединения. Выделенные из метеоритного вещества парафиновые углеводороды, состоят в основном из нормальных углеводородов. Также в углеводородах, которые имели метеоритное происхождение, обнаружили оптически активные молекулы. Это позволило сделать предположение о родстве нефтей и метеоритного вещества.

Впервые органические соединения в метеоритах были открыты в 1834 году в углистом хондрите, упавшем на землю около городка Алэ во Франции. Позднее их обнаружили в «посланцах космоса», найденных в Венгрии, Южной Африке и в России.

Падение углистого хондрита Оргей произошло на юго-западе Франции, в 1864 году. Произведенные химические анализы состава метеорита выявили высокое содержание органических веществ и углерода. Также были обнаружены соли аммония и магния, ангидрита, кальцита, серпентина и другие вещества. Были выявлены молекулы сложного полимерного углеродного вещества, который не растворялся в воде и был схож с гуминовыми веществами, такими как уголь и торф.

В 1868 г. академик Пьер Эжен Марселен Бертело провел ряд экспериментов. Его целью было изучение органических соединений метеорита. При гидрировании фрагментов метеорита он обнаружил углеводороды с общей формулой C_2H_{2n+2} . Они были аналогичны земным углеводородам биогенного происхождения, которые обнаруживали в составе нефти.

В метеорите Тиссинт, который упал на территорию Марокко в 2011 году обнаружено множество органических соединений. Ученые из Мюнхенского технического университета исследовали состав этого метеорита в 2023 году и создали наиболее полный каталог органических соединений среди всех известных марсианских камней. Органические молекулы содержат углерод, водород, кислород, азот, серу и иногда другие элементы.

Заключение

По приведенным доказательствам можно сделать вывод, что гипотеза о космическом происхождении нефти в дальнейшем может стать основной в данном споре.

Трудно сказать будет ли завершен этот спор. Скорее всего, в будущем произойдет сближение данных теорий. Возможно, будет происходить их одновременная или комплементарная разработка.

Библиографический список:

1. Джеймс Геттон «Теория Земли» (1795).
2. Anthony HALLAM Great geological controversies Lapworth Professor of Geology University of Birmingham OXFORD UNIVERSITY PRESS / Перевод с английского канд. геол.-мин. Наук
3. В. Кабановой/ под редакцией д-ра геол.-мин. Наук Ю. Г. Леонова Москва „Мир" 1985.
3. Кудрявцев Н. А. Против органической гипотезы происхождения нефти — Нефтяное хозяйство № 9, 1951 — pp. 17-29
4. Кудрявцев Н. А. Современное состояние проблемы происхождения нефти — Изд. АН УССР, 1955 стр. 38-89.
5. Великовский И. Столкновение миров. / пер. с англ. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. — 448 с. — (Знание).

553.982:551.73/.74(470.1)

Перспективы открытия новых месторождений углеводородов в пределах Лайско-Лодминского палеосовода Денисовской впадины

Голиков Н. Р.

Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность

Основой минерально-сырьевой базы Республики Коми, на территории которой расположена Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция, являются нефть и газ.

Денисовский прогиб – перспективный нефтегазоносный район Печоро-Колвинской нефтегазоносной области. Этот район обладает возможностью открытия новых залежей углеводородов. Несколько нефтегазодобывающих активно ведут геологоразведочные работы на данной территории.

Денисовская впадина является новым нефтегазодобывающим районом Тимано-Печорской провинции. Основными объектами эксплуатации является группа месторождений с залежами нефти в доманиково-фаменских рифах, так называемая Баяндынская зона нефтегазонакопления. Добыча газа планируется в ближайшее время на крупном Лаявожском нефтегазоконденсатном месторождении. В перспективе для устойчивого развития нефтегазодобычи в этом районе необходимо создание надежной с перспективой на многие годы сырьевой базы как по нефти, так и по газу. В настоящее время залежи находятся в стандартных для Тимано-Печорской провинции условиях. Но значительная часть скоплений сосредоточена в нижнедевонско-силурийских отложениях с нетрадиционными условиями залегания. Это обусловлено спецификой геологического развития территории в ордовикско-верхнедевонское время.

Стоит отметить, что геолого-геофизическая изученность, а также объем буровых работ находится на низком уровне. Последние региональные съемки методами полевой геофизики проводились еще в советское время. В настоящее время геофизические методы и аппаратура, а также алгоритмы интерпретации геофизической информации находятся на достаточно высоком уровне развития, что позволяет получать достоверную информацию о геологическом строении изучаемой территории. Перед нефтегазовыми предприятиями стоит задача повысить степень геологической изученности района. Для этого необходимо провести 3D сейсморазведочные работы всей территории Денисовского прогиба, затем выполнить обработку и интерпретацию полученных данных для уточнения геолого-тектонического строения в целях наращивания промышленных запасов и открытия новых перспективных залежей углеводородов. Увеличение сырьевой базы республики Коми будет положительно способствовать развитию экономики региона. Будут создаваться новые рабочие места, а также увеличатся налоговые поступления в бюджет республики.

Палеотектоника

В ордовикско- нижнедевонское время на большей части ТПП существовала территория, занятая Уральским палеоокеаном. В пределах мелководья и шельфа сформировались карбонатные толщи различного фациального состава. Трансгрессивно - регрессивные режимы палеоокеана способствовали развитию рифогенных образований разных типов.

В предверхнедевонское время в период крупнейшей регрессии, которая совпала с активизацией локальных вертикальных движений привели к образованию нижнепалеозойских сводовых поднятий, в том числе в Хорейверской и Денисовской впадинах.

Ранее сформированные трансгрессивные образования в пределах поднятий были подвержены глубокому размыву и постседиментационным гипергенным преобразованиям, сохранившимся от размыва отложений.

Критерии нефтегазоносности нижнедевонско-силурийских отложений

А. Структурно-тектонический.

Основным фактором формирования ловушки является длительный предтиманский перерыв в осадконакоплении и сопровождавший его глубокий размыв отложений. Региональному размыву были подвержены терригенные отложения среднего девона и карбонатные силура и нижнего девона. В результате на склонах Лайско-Лодминского поднятия были сформированы ловушки структурно-стратиграфического типа, а в центральной части – литологического и эрозионного типов.

В. Геохимические

Нефтегазоматеринскими породами являются глинистые карбонаты силура-нижнего девона с содержанием Сорг до 2,5-5,0%. В глубокопогруженных частях для силурийско-нижнедевонских отложений, НГМП являются доманикиты, с содержанием Сорг >10%. Очагами генерации являются депрессии вокруг Денисовской впадины, а также ее северная часть и Колвинский мегавал.

Нефтегенерационный потенциал нижнедевонско-силурийских отложений составляет >500 г/м³. НГМП находились в главной зоне нефтеобразования длительное время после сформировавшихся ловушек под региональной тиманской покрывкой.

Г. Гидрогеологические.

В гидрогеологическом отношении на исследуемой структуре выделяются ордовикско-нижнедевонский и среднедевонско-триасовый гидрогеологические этажи.

Нефтегазоносность исследуемого НГК контролирует ордовикско-нижнедевонский гидрогеологический этаж. Преобладающим типом вод в данном этаже являются крепкие рассолы хлоридно-кальциевого типа с минерализацией 150-350 г/л. Гидрогеологический режим застойный.

Основные проблемы геологоразведочных работ

1. Открытие залежей в нижнедевонско-силурийских отложениях произошли в результате применения стандартной антиклинальной методики. Открытия зачастую были случайными, так как структурный фактор играл не главную роль в формировании ловушек. Например: Западно-Сандивейское месторождение открыто только после нескольких «пустых» скважин скважиной № 3, которая случайно попала в эрозионно-стратиграфическую ловушку, неконтролируемую структурным фактором.

2. Сейсморазведка использовалась как основной метод подготовки не ловушки, а структуры под поисковое бурение.

3. Не учитывался фактор широкого развития скрытых ловушек, эрозионного и гипергенного генезиса, к которым приурочены значительные неразведанные ресурсы нефти в пределах Большеземельского свода и Лайско-Лодминского поднятия.

4. В настоящее время не существует рабочей геологической модели строения и развития нижнедевонско-силурийских отложений, нет оценки прогнозных ресурсов с учетом сложного характера распространения ловушек, не выработана эффективная методика прогноза, подготовки и опоскования таких объектов.

Заключение

Денисовская впадина является крупным объектом по запасам и начальным сырьевым ресурсам, где создаются новые интенсивно развивающиеся нефтегазодобывающие районы. Сырьевая база состоит из месторождений верхнедевонско-нижнепермского возраста.

Слабоизученными, нереализованными по прогнозным ресурсам остается ордовикско-нижнедевонский НГК.

Открытие здесь новых залежей в значительной степени увеличит промышленную значимость региона, сделает его экономически высокорентабельным.

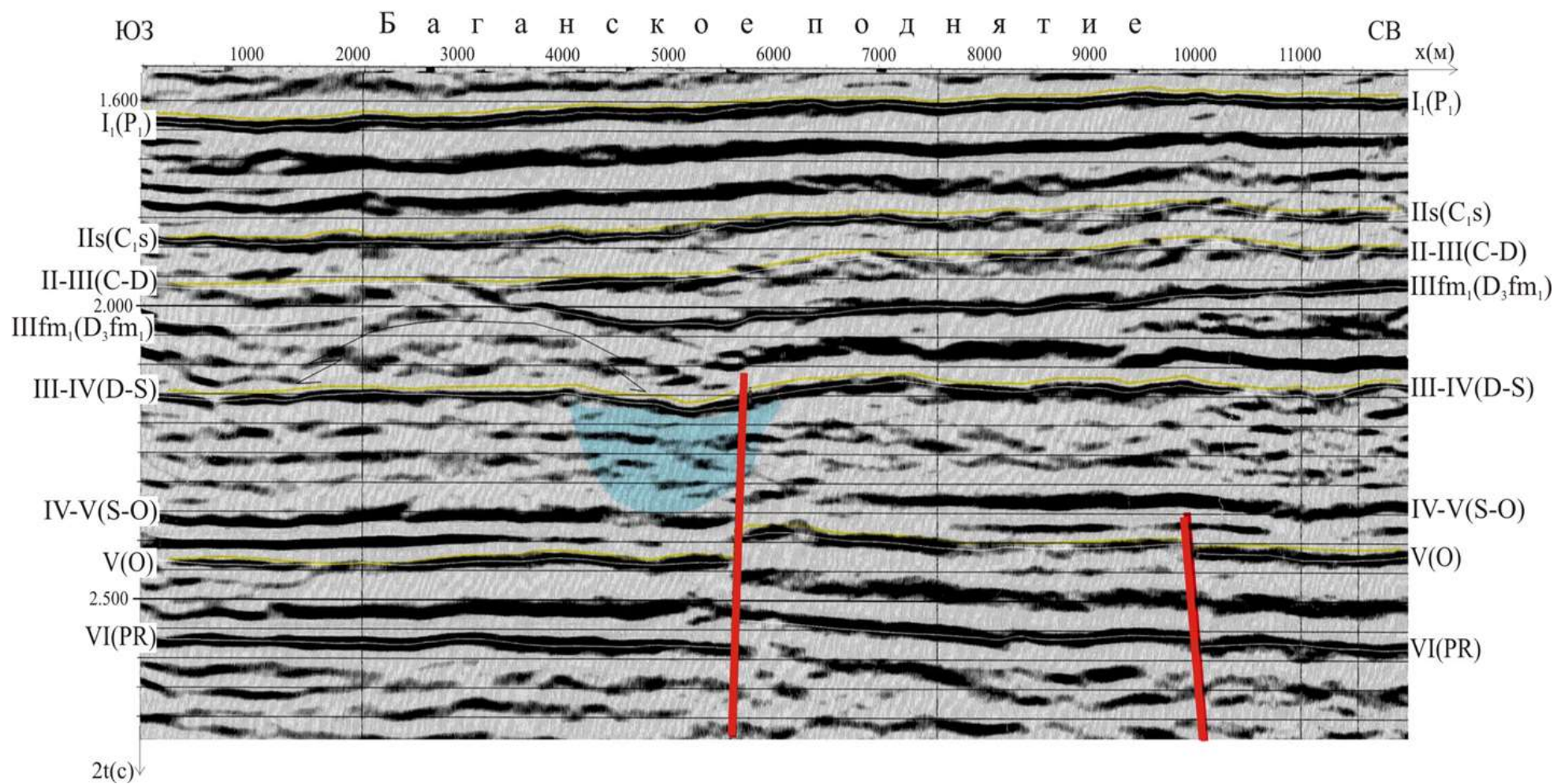


Рисунок 2 - Пример ловушки эрозионного типа.

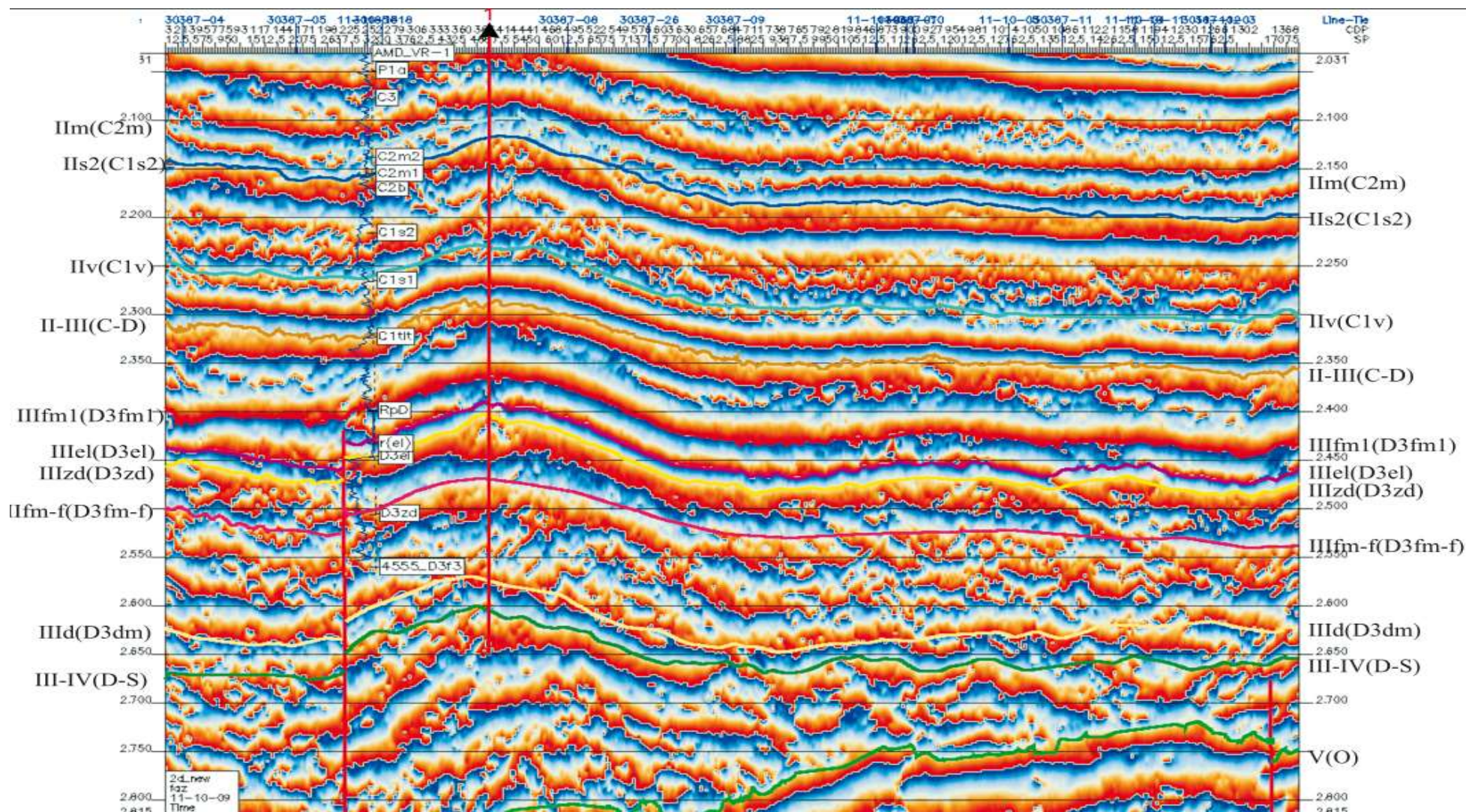


Рисунок 3 Пример ловушки структурно-стратиграфического типа.

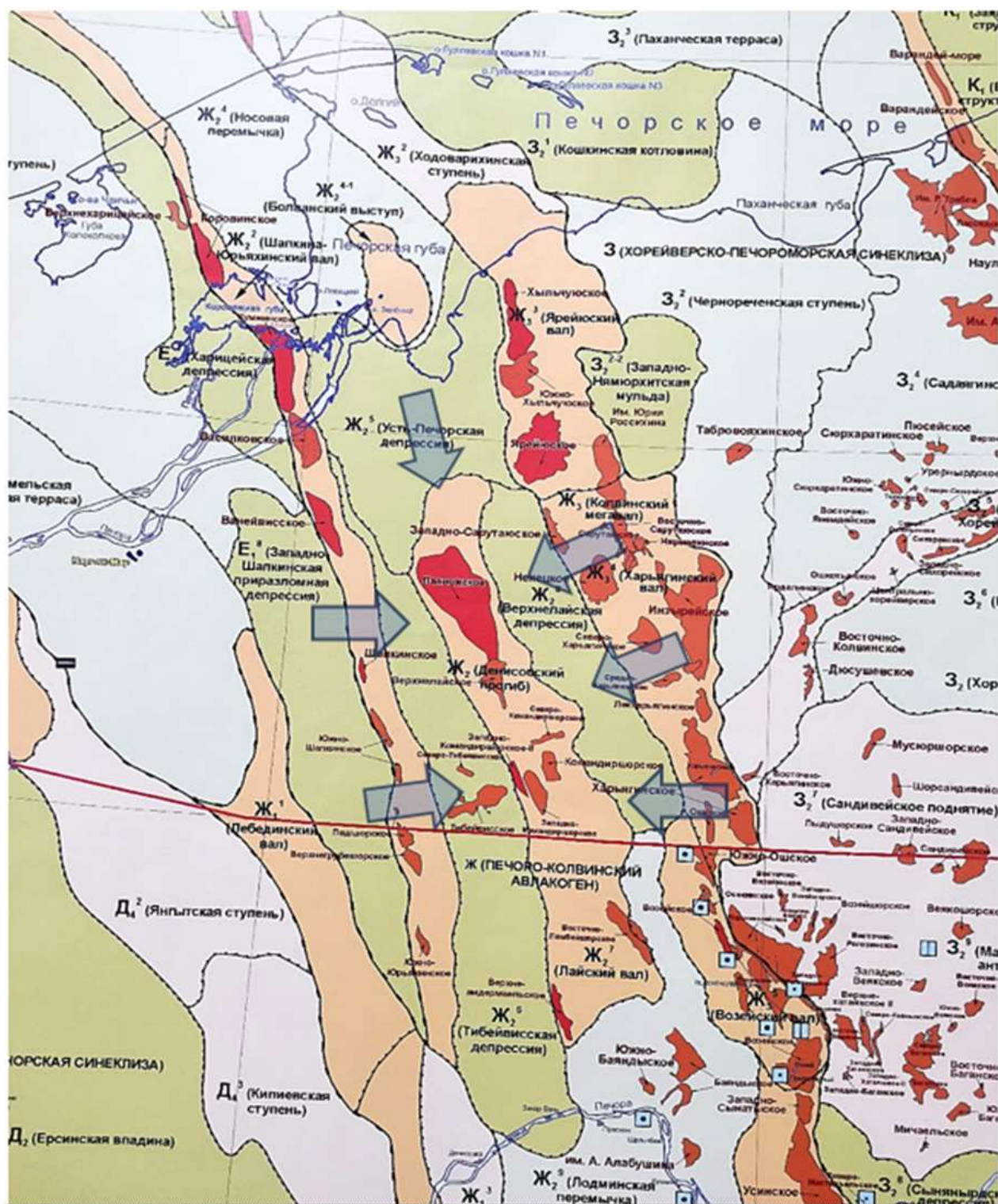


Рисунок 4 Очаги генерации и направления миграции углеводородов.

Библиографический список:

1. Каламкарров Л. В. «Нефтегазоносные провинции и области России и сопредельных стран»: учебник. – Москва: изд. нефть и газ, 2005. – 570 с.
2. Нефтегазоносность и геолого-геофизическая изученность Тимано-Печорской провинции. История, современность, перспективы. Монография – Ухта: УГТУ, 1999. – 1051 с.
3. Теплов Е. Л., Костыгова П. К., Ларионова З. В. и др. Природные резервуары нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГУП РК ТП НИЦ. – СПб: ООО «Реноме», 2011. – 286 с.

Особенности геологического строения и комплекс геолого-геофизических исследований для опоскования Югид-Вуктыльской площади

Осколкова М. Д.

Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность: Югид-Вуктыльская площадь находится в газодобывающем районе с развитой газотранспортной и газоперерабатывающей инфраструктурой. Объем добычи обеспечивают двумя месторождениями: Вуктыльским и Западно-Соплесским, которые находятся на заключительных стадиях разработки. Для увеличения добычи газа необходимы новые месторождения. К одному из них и относится Югид-Вуктыльская площадь.

Общие сведения: Среднепечорское поперечное поднятие является наиболее перспективным объектом по открытию газовых месторождений в развитом газодобывающем районе.

История формирования поднятия в предверхнедевонское время как продолжение Печоро-Кожвинского авлакогена предопределяет наличие среднедевонского-нижнефранского НГК значительной (> 2000м) мощностью и представленного хорошо отсортированными песчаниками коллекторами и надежными глинисто-аргиллитовыми покрывками.

Тектоническое развитие территории после верхнего девона способствовало формированию высокоамплитудных ловушек.

Наиболее перспективной является Югид-Кыртинская антиклинальная зона, где уже получены прямые признаки промышленной газоносности песчаников среднего девона на Югид-Кыртинской площади.

Югид-Вуктыльская антиклинальная зона расположена в южной части Среднепечорского поперечного поднятия. Данная площадь является перспективно газоносной, что доказывают данные о ее геологическом строении, а также проведенные геологоразведочные работы (рис.1).

На промышленную газоносность указывает открытие крупных Западно-Соплесского НГКМ на севере поднятия и газопроявления до значительных притоков на Югид-Вуктыльской структуре, где из песчано-алевролитовых отложений среднего девона из аллохтона получены притоки метанового газа в скважинах №1 и № 4 дебитом по пересчету до 300 тыс. куб. м/сутки. На Югид-Вуктыльской площади эффективные газонасыщенные мощности выделенные по комплексу ГИС.

В геологическом строении Югид-Вуктыльской антиклинальной зоны можно выделить следующие особенности: по результатам комплекса геолого-геофизических исследований было выявлено, что площадь достаточно сложного структурно-надвигового строения, наиболее изучена аллохтоновая часть, в автохтоне возможны перспективы открытия новой залежи. Ранее проведенная гравиразведка позволила получить данные о тектоническом строении Югид-Вуктыльской антиклинали. В ее пределах локализовано пять аномальных зон, соответствующим отдельным структурам. Наиболее перспективными являются: Югид-Вуктыльская, Западно-Югид-Вуктыльская, Дзеля-Югид-Вуктыльская. По данным гравиразведки намечены места оптимального заложения скважин в пределах предполагаемых и выделенных ранее структур. По результатам аэромагнитной съемке выделены нарушения, ограничивающие структурно-тектонические элементы 1 и 2 порядка. Оценено гипсометрическое положение блоков фундамента, высказано предположение о возможности продолжения структуры в южном направлении. В результате сейсморазведки получены данные о своде структуры, который осложнен более мелкими дислокациями и разрывами, структура в автохтоне сохраняется и несколько выполаживается. Помимо выделенных дизъюнктивов присутствуют оперяющие сколы и надвиги меньшего масштаба.

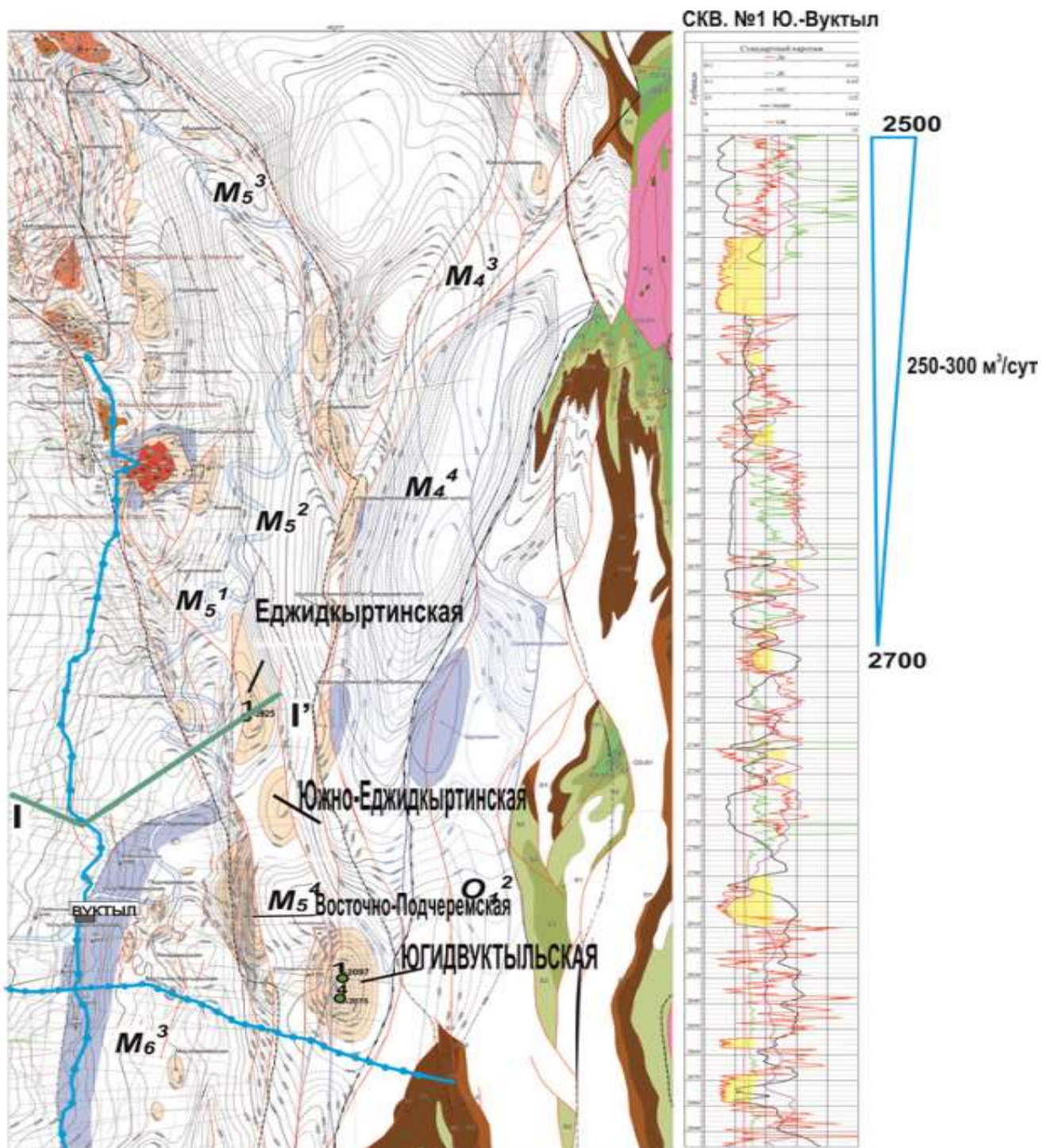


Рисунок 5 – Геолого-геофизические данные по скважине №1-Ю.Вуктыльская.

Для обоснования перспектив нефтегазоносности рассматриваются следующие критерии:

Структурно – тектонические. Наличие крупной высокоамплитудной структуры надвигового тела в среднедевонско-нижнефранском НГК в аллохтоне и автохтоне. В целом строение Югид-Вуктыльского поднятия более сложное, чем представлено по результатам ранее проведенных работ: помимо выделенных дизъюнктивов присутствуют оперяющие сколы и надвиги меньшего масштаба. Структура осложнена серией надвигов, прослеженных в пределах как восточного и западного крыльев, так и в присводовой части.

Литолого-фациальные. Среднедевонско-нижнефранский НГК в пределах площади представлен терригенными образованиями: кварцевые песчаники и аргиллиты. Песчаники являются хорошими коллекторами. Средняя пористость составляет 10-12%, проницаемость 200-500 мДарси. Аргиллиты – надежные покрышки по аналогии с Западно-Соплесским и Югидским месторождением.

Геохимические. В среднедевонско-нижнефранском НГК нефтегазоматеринские породы представлены глинами, аргиллитами. Тип органического вещества – смешанный (сапропель-гумусовый). Содержание $S_{орг}$ около 5%. Главным очагом генерации является соседняя Верхнепечорская впадина, где НГМП представлены доманикитами с повышенным содержанием $S_{орг} > 10\%$. За счет вертикальной и латеральной миграции УВ заполняют более высоко расположенную Югид-Вуктыльскую ловушку.

Гидрогеологические. Среднедевонско-нижнефранский водоносный комплекс представлен водами в основном, хлоридно-кальциевого типа, хлоридного натриевого состава, с минерализацией от 25 до 200 г/л. Гидрогеологический режим застойный.

Для опейскования Югид-Вуктыльской структуры намечается 2 этапа. При этом учитываются следующие особенности:

- Сложная волновая картина в среднедевонских отложениях;
- Наличие дизъюнктивных нарушений, тектонических блоков;
- Площадь исследований находится в охранной зоне.

Учитывая эти особенности предлагается:

1 этап: подготовка к поисковому бурению Югид-Вуктыльской структуры в автохтоне и аллохтоне методами разведочной геофизики:

- Детальная гравиразведка М:1:10000;
- Объемная сейсморазведка МОГТ-3D.

Учитывая охранную зону, впервые на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции предлагается применить беспроводную систему наблюдений, невзрывные источники с использованием ранее пробуренных профилей с зимним настом (рис.3).

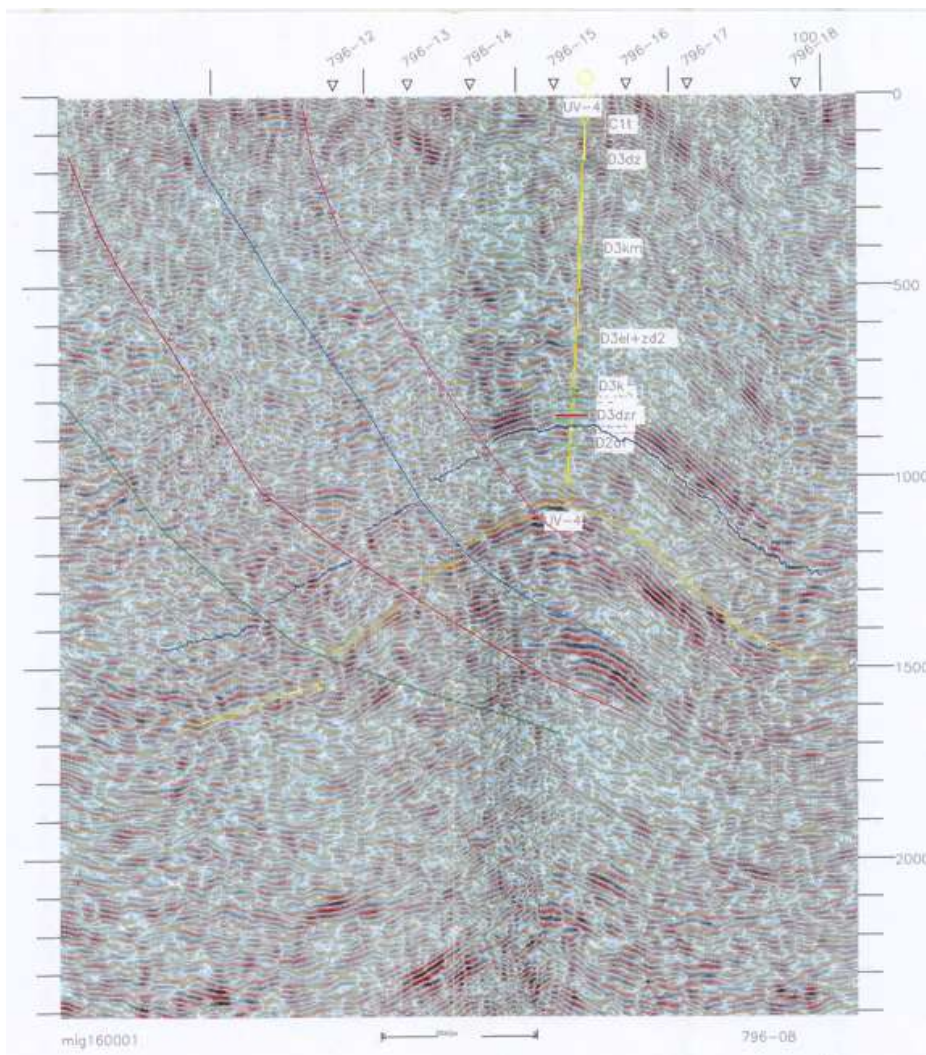


Рисунок 6 - Временной разрез по профилю 796-08.

2 этап: Поисковое бурение. Наклонно-направленное бурение: наземное сооружение, размещается за пределами охранной зоны в 2 км от проектируемой точки в своде ловушки. Рассчитывают траекторию азимута бурения со вскрытием сводовой части на глубине 2500м, далее переход на вертикальное бурение со вскрытием аллохтона и автохтона.

Каротаж выполняется в процессе бурения (рис. 3), с измерением основных параметров инклинометрии, высокочастотного индукционного каротажа, гамма-каротажа, нейтронно-гамма-каротажа, используя отечественную систему «ЛХЧ».

Опробование в процессе бурения ИП на бурильных трубах (КИИ-146) небольшими интервалами (10-15 м).

Отбор керна осуществляется телескопическими снарядами, которые позволяют обеспечивать вынос керна не менее 90%.

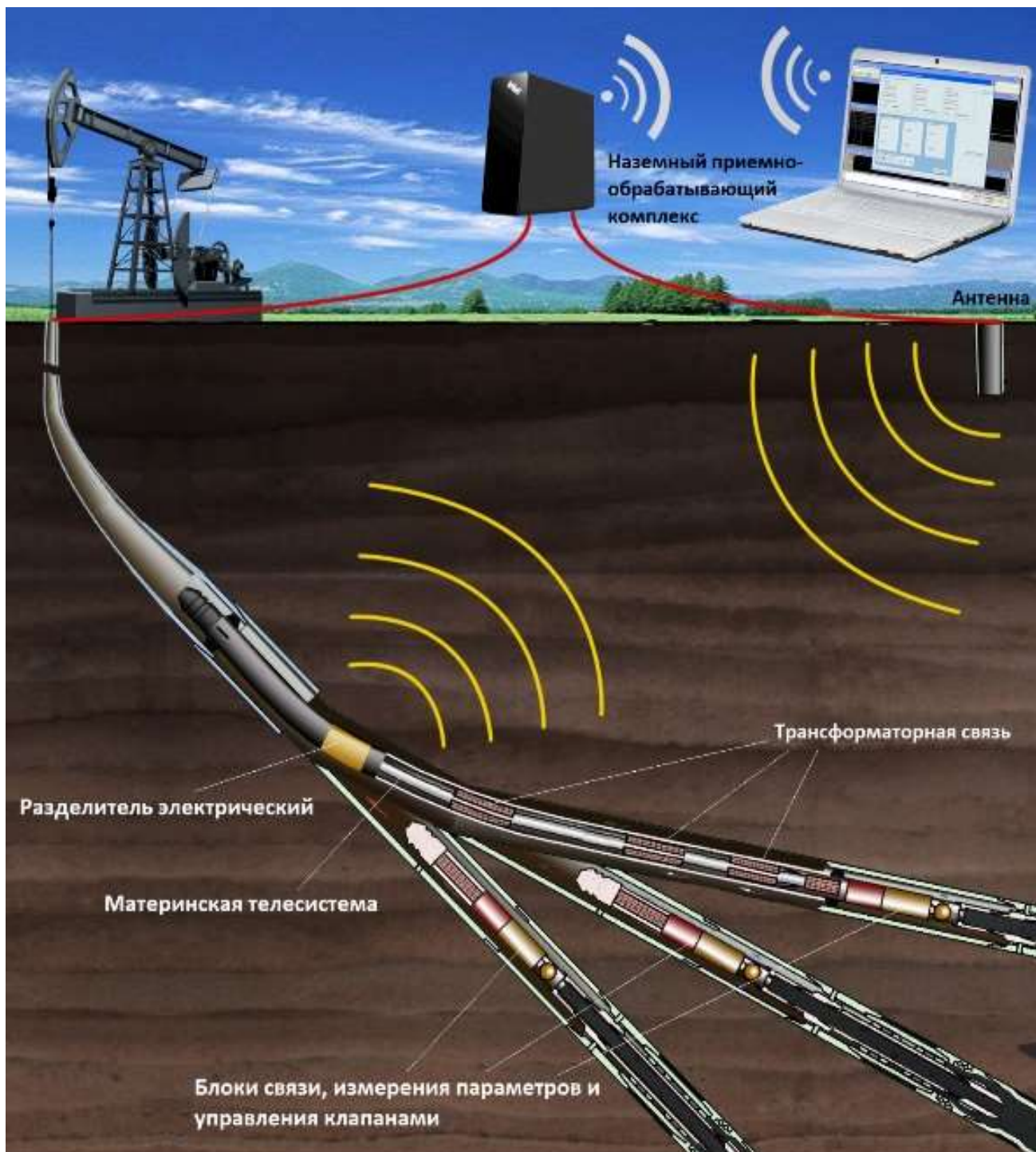


Рисунок 7 - Беспроводная система получения каротажа в процессе бурения.

Выводы:

1. Югид-Вуктыльская структура является одним из основных перспективных объектов по открытию крупного газоконденсатного месторождения.

2. Учитывая сложное геологическое строение и нахождение объекта в охранной зоне при опоисковании будут применимы нестандартные методики, а именно:

- Детальная гравиразведка М:1:10000;
- Беспроводная невзрывная сейсморазведка МОГТ-3D;
- Наклонно-направленное бурение поисковой скважины с применением современных методов каротажа, отбора керна и опробования.

Библиографический список:

1. Газовые и газоконденсатные месторождения Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна / [В.Н. Данилов, Ю.В. Кочкина, Т.В. Антоновская] ; под ред. В.Н. Данилова ; филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта. – СПб. : «Реноме», 2018. – 264 с.
2. Нефтегазоносность и геолого-геофизическая изученность Тимано-Печорской провинции: история, современность, перспективы: Монография. – Ухта: УхтГТУ, 1999 – 1062 с.
3. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения/ М.Д. Белонин, О.М. Прищепа, Е.Л. Теплов и др. – С. – Петербург, Недра, 2004 – 396 с.

УДК 550.8.053

Выделение зон трещиноватости горных пород на основе сейсмоакустических методов и МОГТ-3D

Сабельников М. Ю.

Научный руководитель – Вельтистова О. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В процессе поисково-разведочных работ на нефть и газ довольно значимым является анализ истории тектонического развития исследуемой территории. Опыт поисковых работ показывает, что в даже заведомо нефтегазоносном регионе имеют место быть локальные поднятия, которые не содержат залежей нефти и газа, хотя современное положение этих структур, присутствие и качество коллектора, флюидоупора, гидрогеологической ситуации, не отличаются от подобных продуктивных структур. При изучении таких поднятий выясняется, что они отличаются от продуктивных поднятий историей своего развития. История тектонического становления большинства регионов обычно не может быть спокойной и однонаправленной. Происходят частые перестройки структурного плана, которые приводят к несогласному залеганию отложений разного возраста, к созданию поверхностей размыва и погребенных структур. Возникают региональные наклоны, открывающие структурные ловушки и разрушающие связанные с ними залежи нефти и газа.

Трещиноватость – совокупность всех трещин (разрывов сплошности горных пород), совместно развитых в конкретном объеме горной породы.

Зона трещиноватости – это линейно вытянутый участок земной коры, в пределах которого трещины развиты более интенсивно, чем в окружающих породах.

Дизъюнктивные нарушения являются важнейшими компонентами геологических разрезов, влияющими как на формирование ловушек нефти и газа, так и на распределение емкостных свойств природных резервуаров. Актуальность изучения тектонических нарушений возникла, когда фокус геологоразведочных работ сместился на выявления неструктурных ловушек, связанных с разломами, а также на определение влияния дизъюнктивных нарушений на распределение емкостных свойств пластов коллекторов, на изучение экранирующей или проводящей роли этих нарушений.

Применение сейсморазведки МОГТ-3D в отношении трассирования зон трещиноватости можно наблюдать на примере Восточно-Мичаюской структуры. В тектоническом

отношении структура расположена в центральной части Мичаю-Пашнинского вала, который соответствует Илыч-Чикшинской системе разломов по фундаменту. Так же система разломов нашла своё отражение и в осадочном чехле. Тем самым тектонические нарушения являются одним из основных структурообразующих факторов. Наиболее разветвленная сеть нарушений в разрезе характерна для яранско-дзьерских отложений верхнего девона (ОГ III_dzr, III_f1, III_{tm}) (рис. 1). Северная часть структуры более дислоцирована по латерали. Развита сквозные тектонические нарушения, охватывающие ордовикско-пермские отложения.

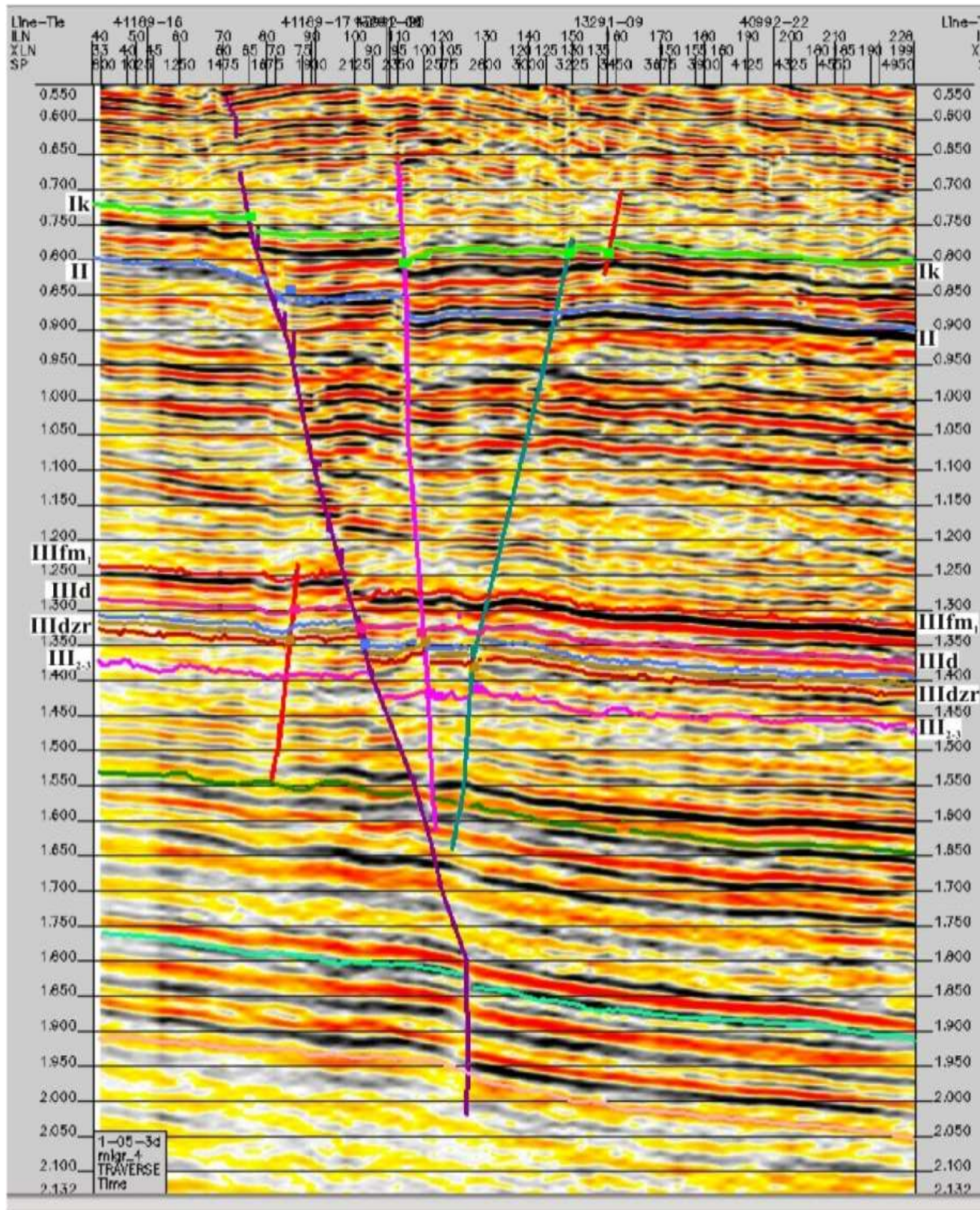


Рисунок 1 - Фрагмент временного разреза Восточно-Мичаюской структуры.

Формирование тектонических структур блокового и пликативного характера является признаком того, что породы осадочного чехла и земной коры первоначально должны быть подвержены деформированию, то есть, влиянию геодинамических процессов, которые приводят к пластическим деформациям или к потере их прочностных свойств и, в конечном итоге, разрушению.

Для большей части месторождений, которые расположены в пределах локальных платформенных структур, выделяются следующие факты:

1. Резкое различие в значениях отметок водонефтяного и газоводяного контактов в контуре залежи.
2. Отсутствие гидродинамической связи между скважинами.
3. Наличие локальных участков вертикальной связи с вышележащими пластами.
4. Неравномерное распределение пластового давления в пределах залежи.
5. Резкая смена литолого-фациальных условий.
6. Наличие участков аномальной проницаемости в пределах одной литологической разности пород.

Из вышеописанных фактов можно сделать предположение, что данные факты, в подавляющей части случаев, связаны с зонами структурной неоднородности в разрезе.

Сами же разрывы являются разрывами растяжения и представляют собой великолепные каналы вертикальной миграции флюидов. Исходя из этого, можно констатировать, что в зонах развития кулисообразных нарушений будут развиты многопластовые залежи, в том числе связанные с неантиклинальными ловушками. При этом газ и нефть, мигрируя вверх по множеству каналов, могут образовать сложный «слоёный пирог». В случае Восточно-Мичаюской структуры - это небольшая последовательность нефтенасыщенных пластов в районе Джъерского горизонта.

На этапе обработки сейсмических данных выделяют обратную кинематическую и динамическую задачи. Обратная кинематическая задача заключается в восстановлении положения сейсмических границ и распределения скоростей, что называют кинематической интерпретацией. Обратная динамическая задача определяет упругие и поглощающие свойства горных пород по амплитудам полезных волн. Формирование отражений сейсмической волны на границах сред происходит за счёт различия в акустических импедансах. Интенсивность отражённой волны определяется коэффициентом отражения, величина которого так же зависит от акустической жёсткости выше и ниже лежащих слоёв. Динамическая интерпретация - это количественный анализ полезных волн с прогнозированием литологического состава, пористости, проницаемости, флюидонасыщенности пород.

Количественные методы интерпретации динамических характеристик сейсмических волн основываются на предположении о линейности среды. Сейсморазведка, прежде всего, является методом решения задач структурной геологии, поэтому наиболее хорошо изучены именно структурные особенности (морфология) тектонических нарушений (рис. 2), к которым относятся:

1. Зоны разрывов корреляции отражающих горизонтов, которые чаще всего проявляются в виде потери их прослеживаемости. При этом варьирование протяженности этих зон зависит от ранга и масштаба разломов, сопутствующих им зон деформации и дробления, присутствия систем макротрещиноватости и других сейсмогеологических факторов.

2. Наличие пространственных (X, Y, Z) смещений отражающих горизонтов. Данный критерий основан на постулате М. В. Гзовского, согласно которому не существует безамплитудных дизъюнктивов, как геологических границ. Однако вертикальная разрешающая способность сейсморазведки не всегда позволяет зафиксировать смещение горизонтов и малоамплитудные нарушения могут быть пропущены.

3. Резкое изменение углов наклона отражающих горизонтов. Этот критерий обусловлен перемещениями по различным векторам по плоскостям разломов фрагментов геологических тел с различными механо-прочностными свойствами. В этих случаях необходимо учитывать горизонтальную разрешающую способность сейсморазведки, обуславливающую сглаживание углов наклона отражающих горизонтов.

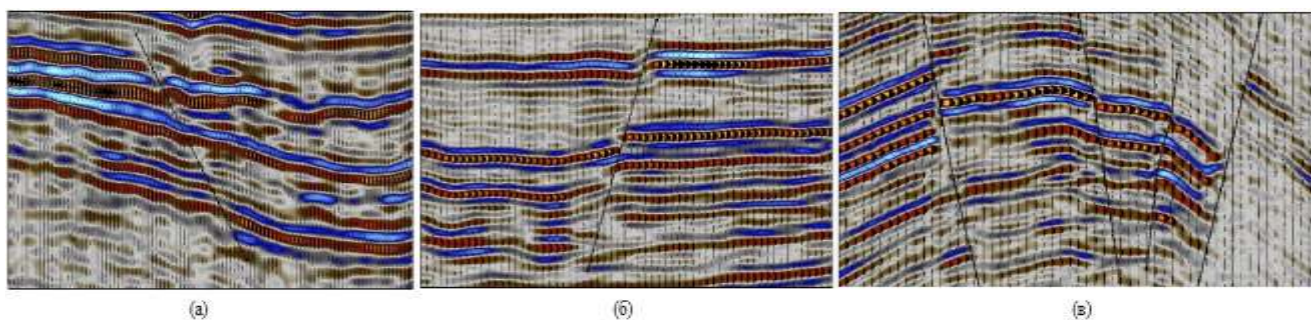


Рисунок 2 - Примеры разрыва корреляции сейсмического горизонта (а), смещения горизонтов вдоль тектонического нарушения (б), резкого изменения углов наклона отражающих горизонтов (в).

Помимо структурных (морфологических) характеристик, тектонические нарушения выделяются по динамическим особенностям сейсмических волн. К таким характеристикам можно отнести:

1. Резкое изменение амплитуд сейсмических волн в зоне тектонического нарушения. Этот признак обусловлен нарушением сплошности геологической среды. В зависимости от внутренней структуры и вещественного состава горных пород в зонах тектонических нарушений, характер амплитуд сейсмических волн может быть различным. Чаще всего этот признак проявляется, как ослабление динамики сейсмической записи отражающих элементов.

2. Резкое снижение (потеря) когерентности сейсмической записи. Этот признак является наиболее устойчивым, поскольку обусловлен перерывом в прослеживании сейсмических горизонтов. Одной из причин аномального поведения когерентности сейсмической записи в области малоамплитудных тектонических нарушений служит деструктивная интерференция отражённых и дифрагированных волн.

3. Понижение частоты. Чаще всего связана с изменением типа слоистости в зоне тектонических нарушений.

4. Регистрация в зонах тектонических нарушений волн разного типа. На контакте ненарушенного и нарушенного геологических блоков появляются дифрагированные, обменные, преломленные и др. волны. В некоторых случаях плоскость разлома сама может являться отражающей или преломляющей границей, а края горизонтов, примыкающих к зоне тектонического нарушения, могут обуславливать появление дифрагированных волн.

За последние десятилетия число сейсмических атрибутов значительно увеличилось, что в существенной мере способствовало повышению качества построения геологических моделей и более точному прогнозу эксплуатационных характеристик залежей углеводородов.

Проблема выделения и картирования разрывных нарушений разного ранга и масштаба имеет на данный момент наибольшую актуальность. Это обуславливается путём переноса акцента геологоразведочных работ на этапы доразведки в процессе эксплуатации месторождений.

При обнаружении разломов на стадии интерпретации сейсмических данных необходимо установить, что представляет собой разломная зона. Это - ось отрыва или сдвига, находящаяся в массиве горных пород, по которому возникло разрушение, или же это - объем горных пород, что был изменён геодинамическими процессами.

Учитывая исследования, связанные с интерпретацией сейсмических данных, можно сказать, что использование методик трассирования зон разломов позволяет выявлять разломы только сдвигового типа за счет смещения осей синфазности и косвенных признаков. Прослеживание пространственного направления разломов вверх по разрезу затруднено в связи с тем, что не разработано общих ограничений для их выявления.

Проблемы изучения порового пространства и тектоники стоят остро во всех регионах. В течение последних лет разрабатывались методики для изучения нестандартных коллекторов с акцентом на тип порового пространства. Важны не отдельные, передовые технологии, а системные работы по изучению типа порового пространства. Необходима сквозная технология, позволяющая проверять и дополнять региональные работы по сейсмике, геологическому

моделированию и т.д., что возможно только после бурения скважин. При изучении пород, особенно карбонатных, следует исходить из предположений, что трещины есть всегда. Важно знать генезис трещин, какие они и сколько. Важная группа относительно новых методов исследования сложных разрезов – это высокоразрешающие сканирующие методы.

Для анализа строения залежи в целом и трещиноватости в масштабе месторождения большое значение имеет статистическая обработка результатов сканирующих методов, что позволяет разделить группы трещин по азимуту, углу наклона. Анализ раскрытости трещин, емкости каверн вдоль трещин для каждой системы, дает представление о гидродинамических особенностях изучаемой части разреза. При изучении трещиноватости большое значение имеет метод волнового акустического каротажа.

В последнее время широко используются приборы нового поколения отечественного производства (АВАК) (рис. 3).

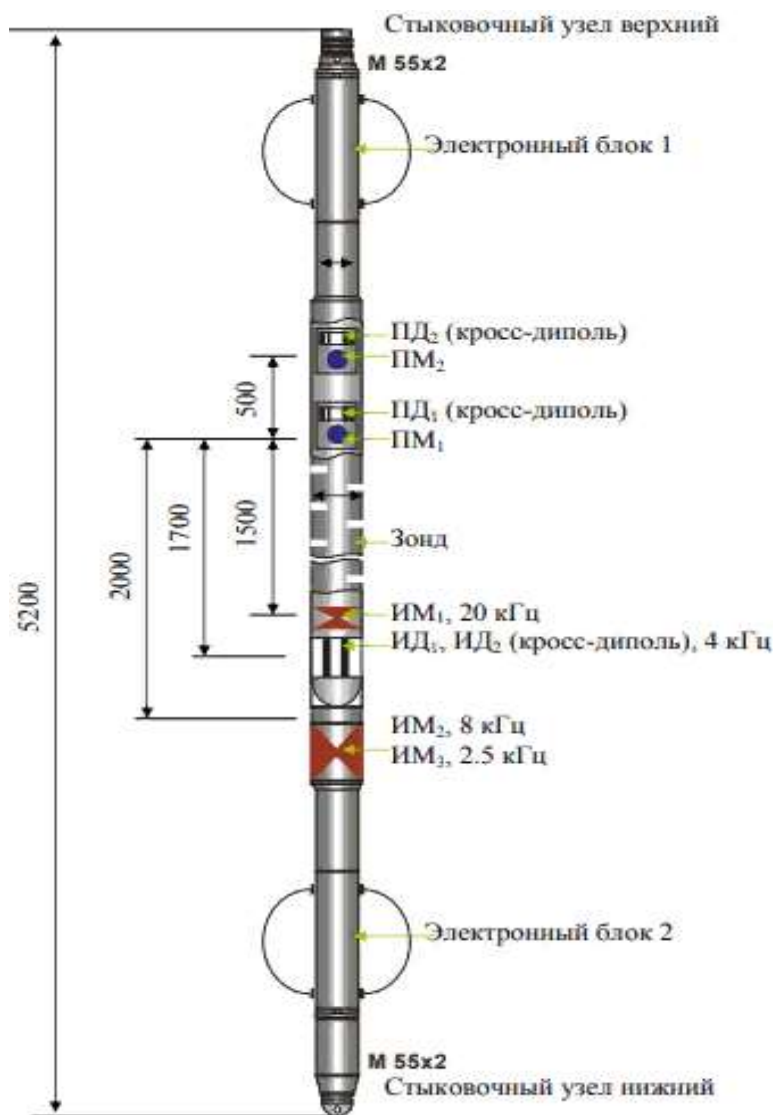


Рисунок 3 - Схематичный чертёж общего вида скважинного прибора АВАК-11.

Применение таких приборов обеспечивает ряд преимуществ:

- Надёжную отдельную регистрацию волн разного типа (продольных, поперечных и т.н. волн Лэмба-Стоунли);
- Высокое качество регистрации амплитудных параметров всех волн;
- Регистрация анизотропии кросс-дипольным датчиком.

Это открывает новые возможности изучения параметров трещин (емкость трещин, раскрытость, количество трещин на метр (плотность трещин), проницаемость, ориентация в пространстве).

Одним из основных параметров при изучении пород является проницаемость. Главным методом для определения проницаемости является АК, но при условии получения волны Стоунли из волнового пакета. Её скорость ниже, чем скорость распространения упругих колебаний в скважинной жидкости и зависит от свойств этой жидкости и сдвиговой упругости стенки скважины. Основная доля энергии этой волны распространяется в скважинной жидкости, но поскольку колебаниями захвачен также небольшой слой прискважинной зоны (1-4 см), то эта волна по своим свойствам близка к поверхностным волнам. Скорость волны Стоунли в низкочастотном диапазоне имеет функциональную связь со скоростью поперечной волны, поэтому может использоваться для определения последней.

Открытые трещины в природных трещиноватых коллекторах обычно имеют более высокую проницаемость, чем межзерновая матрица. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что межзерновая и трещинная компоненты пористости оказывают различное влияние на проницаемость горных пород, что явно проявляется в процессе роста эффективного давления. Экспериментально выявлено, что изменения трещинной пористости значительно сильнее снижают проницаемость горных пород чем, отмеченные в то же время, изменения межзерновой пористости.

Данные акустического каротажа в комплексе с другими геофизическими методами дают возможность определить пористость пород, выделить зоны трещиноватости и кавернозности в карбонатном разрезе, уточнить литологию разреза, получить сведения о техническом состоянии скважины.

Библиографический список:

1. Симоненко Е. П. Возможности методов ГИС для изучения трещиноватости. / Симоненко Е. П., Долгирев С. С., Кириченко Ю. В. // Георесурсы, - 2018, 20(3), Ч.2, с. 267-273.
2. Мушин И. А. Выявление и картирование дизъюнктивных дислокаций методами разведочной геофизики. / Мушин И. А., Корольков Ю. С., Чернов А. А. // Научный мир, - 2001, – Москва, -120с.
3. Жуков В. С. Влияние трещинной пустотности на проницаемость горных пород при росте эффективного давления // В сборнике научных трудов конференции: «Новые идеи в геологии нефти и газа-2019», отв. редактор А.В. Ступакова. М.: Изд-во «Перо». - 2019 - С. 179-184.
4. Методическое руководство по применению аппаратуры волнового акустического каротажа АВАК-11. – 2011, – Тверь, ООО «Нефтегазгеофизика»

УДК 622.001.575.1

История развития горного дела в Узбекистане

Хайдаров О. Ш., Рахмонов О. В.

Научный руководитель – Заборовская В. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В данной статье мы рассмотрим историю развития горного дела на территории Узбекистана. Как с экономической, так и с политической точек зрения, огромная роль в развитии производственной деятельности принадлежит полезным ископаемым, начиная с создания каменных орудий до изготовления сложных производственных машин. По определению историка и ученого Фридриха Энгельса, использование рудных минералов является одним из революционных переворотов в жизни общества. Как нам известно, добыча и обработка определенных минералов в различные эпохи сильно отличаются, но для более точного определения количества и характера оставшихся руд необходимо выяснить как функционировали древние рудники и каков был объем прошлой добычи рудных минералов и полезных ископаемых в целом.

Узбекистан – это страна, расположенная в Центральной Азии. Недра природы данной страны щедро одарены минерально-сырьевыми ресурсами, где с каждым годом последовательно реализуются меры по увеличению сырьевой базы предприятий по переработке и добыче полезных ископаемых (рис 1.).

СХЕМА

РАЗМЕЩЕНИЯ ОСНОВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

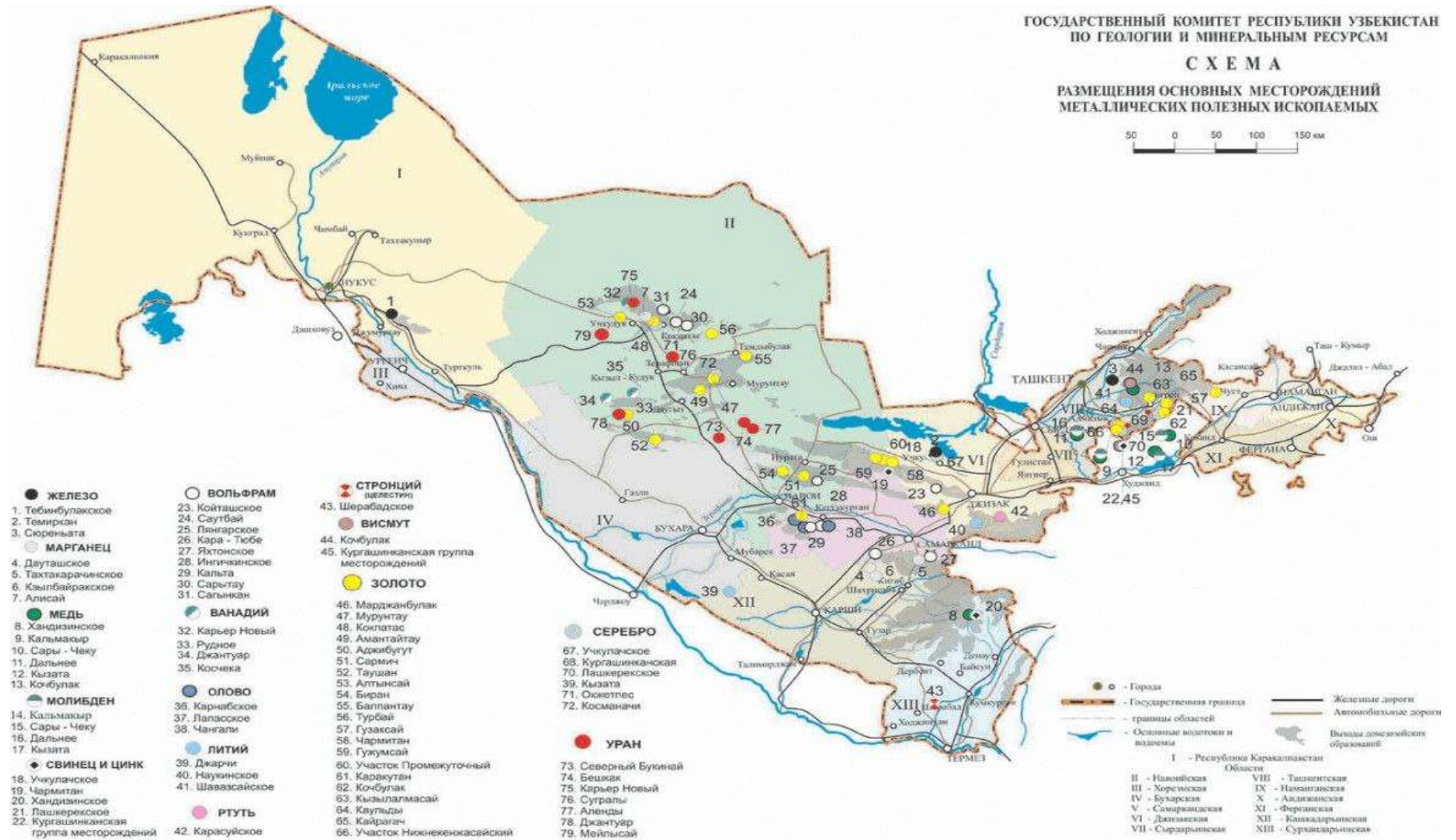


Рисунок 1. Схема размещения основных месторождений металлических полезных ископаемых.

Как известно, Узбекистан занимаем одно из ведущих мест по мировым запасам, таким как: золото, вольфрам, серебро, медь, уран, цинк, свинец, природный газ, и другим ценным минералам, и породам. Мы обратились к проведенным исследованиям ученых, где было подтверждено, что в недрах страны обнаружены почти все элементы химической таблицы Менделеева. Также в стране более двух тысяч месторождений с запасами семидесяти трех видов полезных ископаемых, которые можно добывать промышленным способом. На данный момент времени разведано сорок месторождений драгоценных металлов.

Первым мы рассмотрим такой благородный металл, как золото. Его основные запасы сосредоточены в собственно золоторудных месторождениях, одно из них – это Центральные Кызылкумы. Республика занимает четвертое место в мире по запасам и добыче золота. Особое внимание стоит обратить на месторождение Мурунтау (рис 2), которое относится к числу мировых гигантов и известно как самое крупное месторождение на Евразийском континенте, с высоким содержанием золота в рудах. Это величайшее открытие для золотодобывающей промышленности. Карьер Мурунтау можно представить в виде гигантской чаши, из которой ежегодно вынимаются миллионы кубических метров горной массы, позволяющей извлекать одно из лучших по всему миру золото, что уже позволяет считать данный карьер уникальным примером для золотодобывающей промышленности.

В последние годы, также выявлены и разведаны золоторудные месторождения в Ташкентской и Самаркандской областях, которые обладают высокоразвитой инфраструктурой. Наряду с Мурунтау, выявлены и изучаются месторождения: Аристантау, Аджибугут, Турбай, Балпантау, Булуткан и другие.

Отличительными особенностями всех золотосодержащих месторождений Кызылкумского региона являются высокое содержание золота в рудах, наличие инженерных сетей и коммуникаций (вода, электроэнергия, газ, железные и автомобильные дороги и др.) и открытый способ добычи.

Второй благородный металл, которой мы рассмотрим – серебро, которое обладает самой высокой электропроводностью и теплопроводностью среди всех металлов. Республика Узбекистан располагает, собственно, серебряными месторождениями. Это месторождения: Космоначи, Высоковольное, Окжетпес в Навойской области и Акпета в Наманганской области. Значительное количество утвержденных запасов относится к золотым и медно-пурпуровым месторождениям. Наиболее привлекательным для вовлечения иностранных инвестиций при выборе перспективной добыче серебра является месторождение Актепа.

Наряду с производством драгоценных металлов в данной стране производится уран, который является очень тяжелым, слабо радиоактивным глянцевитым металлом. Для него создана крупная минерально-сырьевая база. Разведанные запасы урана обеспечивают его добычу на пятьдесят – шестьдесят лет. Попутно с ураном извлекают и ценные компоненты, например рений, скандий и лантаноиды.

Большинство названных элементов в той или иной мере переходят в продуктивный раствор выщелачивания, поэтому внедрение технологии их извлечения могло бы значительно увеличить эффективность обработки месторождений.

Так как Узбекистан обладает значительными разведанными запасами цветных металлов – меди, цинка, свинца, вольфрама и других, то рассмотрим некоторые из них.

Пластичный переходной металл – медь. Медным рудам сопутствует более пятнадцати видов цветных металлов, например: осмий, золото, никель, серебро, кобальт, молибден, рений, кадмий, селен, индий и теллур. Характерная особенность – добыча руды осуществляется в основном открытым способом, что обеспечивает рентабельность рудников. По информации из открытых источников, действующие карьеры могут обеспечить производство меди и сопутствующих металлов на сорок – пятьдесят лет, а цинка и свинца – более чем на сто лет. Кроме того, разведано перспективное месторождение Дальнее с большими запасами меди, селена, молибдена, селена, золота, теллура, серебра и рения.

Вслед за этим рассмотрим один из металлов, который широко применяется в промышленности – цинк. Он не встречается в природе без примесей, хрупкий и имеет голубовато-белый цвет. Свинцово-цинковые месторождения в большей степени сосредоточены на месторождениях Учкулач и Хандиза в Джизакской и Сурхандарьинской областях соответственно (рис.3). На месторождение Хандиза попутно со свинцом и цинком присутствуют индий, медь, серебро, селен, кадмий и золото. В Узбекистане наблюдается рост конъюнктуры этих металлов на международном рынке, что в последствии дает возможность расширить их добычу.

Республика Узбекистан обладает надежной сырьевой базой для извлечения и производства целого ряда редких и рассеянных металлов, часть из которых концентрируется в самостоятельных месторождениях, например – литий, другие же могут извлекаться в качестве попутных компонентов из месторождений полиметаллов, урана, меди и некоторых других полезных ископаемых.

Территория Узбекистана также имеет внушительные и уникальные в своем роде запасы рения (рис. 4), которые связаны с медными рудами Алмалыкских месторождений. В промышленности рений часто применяется для производства электронных приборов, катализаторов для крекинга нефти и для производства жаропрочных сплавов для авиационной и космической техники. Стоит отметить, что по содержанию рения в молибденовом концентрате на месторождениях Узбекистана нет аналогов в мировой практике. В мире, например в таких странах, как Африка, Россия и Швейцария, имеются естественные источники, в которых присутствует осмий – 187, в семействе его изотопов составляет лишь 1,6%, в то время как в ренийсодержащих медно-молибденовых рудах узбекских месторождений процентное содержание стабильного изотопа значительно выше.

В настоящее время на территории Узбекистана установлено двадцать месторождений мрамора, пятнадцать – гранита и габбро, стоит отметить и уникальные крупнейшие во всей Евразийской зоне месторождения декоративного камня, различного по расцветке – от белого до черного. Общие запасы облицовочного камня превышают восемьдесят пять миллионов кубометров.

Республика богата фосфоритами (рис 5), являющимися осадочными горными породами, сложенными преимущественно из фосфатных минералов группы апатита. Мелкозернистые фосфориты марокканского типа выявлены на Джерой-Сардариском месторождении, их прогнозная оценка составила около ста миллионов тонн. В настоящее время ведется строительство Кызылкумского фосфоритного комбината с получением фосфоритного концентрата 2,7 млн. тонн. Как утверждают геологи, прогнозные запасы фосфоритов практически безграничны. В сельском хозяйстве фосфориты получили большое распространение, так как в Узбекистане созданы мощности по производству удобрений – аммофоса и суперфосфата аммонизированного. В то же время разведанные месторождения фосфоритов с запасами около трехсот миллионов тонн практически не используются.

Республика Узбекистан располагает богатыми месторождениями каменной соли, выявленной на месторождениях – Аккалинское, Ходжаиканское, Байбичеканское, Тюбегатанское и Брасакельмесское (рис.6). Их прогнозные запасы оцениваются в девяносто миллиардов тонн. Брасакельмесское месторождение на данный момент предполагается использовать в качестве сырья для производства кальцинированной и каустической соды, для этого было начато строительство Кунградского содового завода.

В качестве вывода хотелось бы отметить, что инвестиции, направленные на освоение высоколиквидных полезных ископаемых, приносят существенные доходы. Ведущие иностранные компании и фирмы мира уже сегодня принимают активное участие в этом направлении.



Рисунок 2. Месторождение Мурунтау.



Рисунок 3. Месторождения Учкулач и Хандиза в Джизакской и Сурхандарьинской областях.



Рисунок 4. Рений.



Рисунок 5. Фосфорит.



Рисунок 6. Ходжаиканское и Тюбегатанское месторождения.

Библиографический список:

1. Малая горная энциклопедия. В 3-х т. / Под ред. - Донецк: Донбасс, - 2004. Текст: непосредственный.
2. Неметаллические полезные ископаемые Узбекистана/ Н.Т. Тоджаев., Н.М. Хакбердиев, Р.А. Хамидов, А.М. Эргешов //ГП ИМР. – 2017. -с. 262.Текст: непосредственный.
3. Литология и осадочные полезные ископаемые Узбекистана. Сборник статей/ Отв.ред. П.А. Чистяков//Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. – 1996. – с. 198. Текст: непосредственный.

УДК 550.4:552.578.2

Хроматография в жизни человека

Сирота А. В., Бабариков Д. А.

Научный руководитель – Овчарова Т. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В данной статье мы рассмотрим хроматографию в жизни человека. Хроматография — способ разделения смесей, который изобрел русский ученый Михаил Семенович Цвет в 1900 году. Заключается в различии свойств компонентов смесей, разнице их реакций при нахождении в одинаковых условиях.

Первое в истории упоминание о хроматографии (chromatography — «пишу цветом») было в 1901 году, когда М. С. Цвет изучал процесс фотосинтеза и разделил хлорофилл на составляющие его пигменты.

Метод хроматографии основан на процессах, которые происходят между подвижным веществом, с растворенной в нем пробой, и неподвижным. Компоненты исследуемой смеси имеют различную степень впитывания (сорбции), за счет чего поглощаются сорбентом с различной скоростью и сорбцией. Получившиеся пробы после изучения в хроматограмме позволяют уточнить состав исследуемого вещества. Порядок выхода пиков соответствует порядку осаждения на сорбенте, а высота пиков прямо пропорциональна их концентрации.

Классификация эта весьма условна. Все виды тесно связаны между собой.

- Капиллярная хроматография
- Препаративная хроматография
- Аналитическая хроматография
- Хроматография практическая
- Флюидная хроматография
- Хроматография аминокислот

ГДЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

- Газовая хроматография
- Хроматография нефти
- Хроматография в биологии
- Хроматография в химии
- Хроматография в медицине
- Хроматография в криминалистике

Газовая хроматография – метод разделения летучих термостабильных соединений, основанный на распределении веществ между фазами, одна из которых – газ, другая – твердый сорбент или вязкая жидкость, закрепленная на твердом носителе. Газ, с помощью которого анализируемая смесь вводится в колонку, является элюентом.

Объекты анализа в газовой хроматографии – газы, жидкости и твердые вещества с молекулярной массой $M_r < 400$ и температурой кипения ~ 300 °С. При хроматографическом разделении анализируемые соединения не должны подвергаться деструкции.

Виды газовой хроматографии

В зависимости от цели проведения процесса разделяют на:

1. Аналитическую
2. Неаналитическую
3. Препаративную
4. Промышленную

Аналитическая хроматография предназначена для определения качественного и количественного состава исследуемых смесей.

Достоинства:

1. Возможность идентификации и количественного определения индивидуальных компонентов сложных смесей.
2. Возможность изучения различных свойств веществ и физико-химических взаимодействий в газах, жидкостях и на поверхности твердых тел.
3. Высокая четкость разделения и быстрота процесса.
4. Возможность исследовать микро пробы и автоматически записывать получаемые результаты.
5. Возможность анализировать широкие круга объектов – от легких газов до высокомолекулярных органических соединений.
6. Возможность выделения чистых веществ в препаративном и промышленном масштабе.

В ходе лабораторного занятия в ООО «ТП НИЦ» мы рассмотрели компонентный состав 4 проб газа из разных месторождений. Состав газа был определен методом газовой хроматографии на хроматографе «Метахром».

Баганское месторождение

По коэффициенту жирности газа ($a=15,08$) – жирный газ.

По содержанию азота ($N_2=0,43$) – низкоазотный газ.

По содержанию сероводорода ($H_2S=0,0$) - не сернистый.

По содержанию углекислого газа ($CO_2=0,5378$) – низкоуглекислый.

По содержанию гелия ($He=0,0008$) – низкогелиевый.

Таким образом данный газ – жирный, низкоазотный, не сернистый, низкоуглекислый и низкогелиевый, его относительная плотность составляет 1,809, а объемная теплота сгорания высшая 2527,8 кДж/моль.



Рисунок 1. Устройство газового хроматографа.



Рисунок 2. Хроматограф «Метахром».

Веякошорского месторождения

По коэффициенту жирности газа ($a = 0,49$) – сухой газ;

По содержанию азота ($N_2 = 14,67$) – азотный газ;

По содержанию сероводорода ($H_2S = 0,4689$) – низкосернистый;

По содержанию углекислого газа ($CO_2 = 1,308$) – низкоуглекислый;

По содержанию гелия ($He = 0,03591$) – низкогоглиеносный.

Таким образом данный газ – сухой, азотный, низкосернистый, низкоуглекислый и низкогоглиистый, его относительная плотность составляет 0,9341, а объемная теплота сгорания высшая – 11564,7 ккал/м³.

Сандивейское месторождение

По коэффициенту жирности газа ($a = 1,07$) – сухой газ;

По содержанию азота ($N_2 = 69,05$) – аномально азотный газ;

По содержанию сероводорода ($H_2S = 0$) – низкосернистый;

По содержанию углекислого газа ($CO_2 = 0,224$) – низкоуглекислый;

По содержанию гелия ($He = 0,001135$) – низкогоглиеносный.

Таким образом данный газ – сухой, аномально азотный, низкосернистый, низкоуглекислый и низкогоглиистый, его относительная плотность составляет 0,8249, а объемная теплота сгорания высшая – 10972,1 ккал/м³.

Среднемакарихинское месторождение

По коэффициенту жирности газа ($a = 0,33$) – сухой газ;

По содержанию азота ($N_2 = 13,43$) – азотный газ;

По содержанию сероводорода ($H_2S = 0,002292$) – низкосернистый;

По содержанию углекислого газа ($CO_2 = 1,168$) – низкоуглекислый;

По содержанию гелия ($He = 0,04906$) – низкогоглиеносный.

Таким образом данный газ – сухой, азотный, низкосернистый, низкоуглекислый и низкогоглиистый, его относительная плотность составляет 0,8149, а объемная теплота сгорания высшая – 10982,1 ккал/м³.

В качестве вывода хотелось бы отметить что изучив основные методы хроматографического исследования веществ. Ознакомившись с устройством и принципом работы газового хроматографа. Проведя анализ состава и классификацию УВ газа Баганского, Веякошорского, Сандивейского, Среднемакарихинского месторождений Хорейверской НГО ТПП. Выявили, что преобладает сухой, азотный, низкосернистый, низкоуглекислый, низкогоглиеносный газ и это является хорошим показателем для его непосредственной добычи

Выводы:

1. Рассмотрены основные методы хроматографического исследования веществ.

2. Изучено устройство и принцип работы газового хроматографа.

3. Проведен анализ состава и определена классификационная характеристика УВ газа Баганского, Веякошорского, Сандивейского, Среднемакарихинского месторождений Хорейверской НГО ТПП.

4. Выявили, что преобладает сухой, азотный, низкосернистый, низкоуглекислый, низкогоглиеносный газ и это является хорошим показателем для его непосредственной добычи.

Библиографический список:

1. М.С. Цвет «Хроматографический адсорбционный анализ. Избранные работы. Под ред. А.А. Рихтера и Т.А. Красносельской. Изд-во АН СССР. 1946
2. Р.Х. Хамизов, В.Ф. Селеменев. Кто открыл газовую хроматографию? // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. Т. 18. № 2. С 128-130
3. Е.М. Сенченкова. Михаил Семенович Цвет. Москва: Издательство «Наука», 1973

Изучение гранулометрического состава пород триасового возраста в центральной части Коротаихинской впадины

Потолицына А. В., Пуртова А. Д.

Научный руководитель – Маракова И. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Коротаихинская впадина – отрицательная структура I порядка (Припайхойского – приюжноновоземельского прогиба) северо-западного простирания, с востока ограничена приуральской Сырьягинской складчатой зоной, с северо-востока – Западно-Пайхойской структурной – тектонической областью; южной и юго-западной границами служат шовные надразломные дислокации поднятия Чернова и Вашуткина-Талотинской складчато-надвиговой зоны. Протяженность впадины составляет 400 км при ширине около 100 км, площадь приблизительно равна 30 тыс. км². В Коротаихинской впадине суммарный объем бурения составил 26,5 тыс. м (8 скважин), разбуренность составляет 1,4 м/км² или 2440 км/скв. Промышленных притоков углеводородов не получено.

На тектоническое строение впадины решающее влияние оказало формирование Пайхойского антиклинория как в период заложения Предпайхойско-Приюжноновоземельского прогиба, так и в последующей эпохе оживления его тектонической активности. Современный структурный план внешней зоны сформировался в период разрешения наиболее молодых тектонических напряжений, направленных со стороны Пай-Хоя и проявившихся в виде пологого Вашуткинско-Талотинского надвига.

Западный борт впадины представляет собой пологую моноклираль, погружающуюся к северо-востоку по нижнепермским отложениям и осложненную террасовидными уступами и малоамплитудными структурами. На внешнем западном борту впадины выделяются Лабогейская моноклираль и Верхневоркутская зона дислокаций. Разрез осадочного чехла охватывает стратиграфический интервал предположительно от венда до голоцена. Мощность осадочного чехла достигает 11 км и более. Разрез сложен отложениями палеозойского, мезозойского и четвертичного возраста, представленного в основном молласовыми образованиями триаса и перми, мощность которых в центральной части впадины достигает 3500 м. В результате бурения скважин было установлено отсутствие в разрезе отложений верхнего карбона, частично верхней перми, верхнего триаса, юры и мела.

В работе рассматривается перспективный интервал терригенных отложений триасового возраста. Исследуемые данные по обнажению реки Хей-Яга и скважине ВК-14 расположены в центральной части Коротаихинской впадины в северо-восточной части Тимано-Печорского бассейна. Отложения среднего-начало верхнего триаса в Коротаихинской впадине согласно, местами с некоторым несогласием залегают на породах нижнего триаса и расчленены на верхнюю подсвиту лесташорской свиты, нядейтинскую и коротаихинскую свиты.

Триасовые отложения являются полифациальным сложно построенным многопластовым, терригенным природным резервуаром, многопластовость которого обусловлена периодичностью осадконакопления, а емкостные параметры определяются первичными условиями осадконакопления и постседиментационными преобразованиями. Представлен чередованием глинистых пород и песчаных пластов-коллекторов. В пределах района характеризуется максимальной глубиной залегания кровли до 1070 м и максимальной мощностью до 3000 м.

Песчаные коллекторы неоднородные, обладают различными емкостными свойствами. Так, по керну в скважине № 1-Пурсамыльская преобладает пористость от 12,5 до 16,42%, а в скважине №1-Коротаихинская пористость составляет 0,2 - 5,25%.

В юго-западной и центральной частях Коротаихинской впадины выделены пласты песчаников мощностью от 40 до 150 м с хорошими коллекторскими свойствами и изолирующие их глинистые толщи, а также выявлены стратиграфические ловушки в пределах Одинокской антиклинальной зоны, что позволяет отнести этот комплекс к перспективным для поисков залежей УВ в отложениях триаса. В северо-восточном направлении, судя по обнаженным разрезам р.р. Янгарей и Хей-Яга, триасовые песчаники и аржиллиты крепкие, плотные и разбиты многочисленными трещинами.

Нефтепроявления в триасовых отложениях установлены в скважине ВК-14, где в подбазальтовой глинистой толще в керне наблюдались примазки нефти. Коллекторские свойства триасовых пород колеблются в широких пределах. Так, по керну скважины №1-Кортаихинская они очень низкие (Кп от 0,2 до 5,25), а в скважине № 1-Пурсамыльская – очень высокие (Кп от 7,43 до 55,70%; преобладают 12,5-16,42%). Такие высокие коллекторские свойства, судя по данным ГИС, прослеживаются и в скважине № 15-Лабогейская на глубинах 1440-2038 м.

Изучение литологического состава и проведение гранулометрического анализа обнажений на реке Хей-Яга и скважины ВК-14 имеют большое значение, так как Кортаихинская впадина является очень сложной и наименее изученной территорией, с которой связывают перспективы прироста запасов углеводородов в Тимано-Печорском НГБ. Нефтегазоносный потенциал в исследуемой части Кортаихинской впадины оценивается высокими показателями. По предварительным оценкам прогнозные ресурсы нефти и газа в пределах впадины могут составлять до 160 млн тонн нефти и до 240 млрд м³ газа, что в условиях Тимано-Печорского НГБ позволяет рассматривать этот район как один из первоочередных для постановки геологоразведочных работ на нефть и газ. В триасовых отложениях в Кортаихинской впадине по данным глубокого бурения нефтепроявления установлены в скважине ВК-14, где подбазальтовой глинистой толще в керне наблюдались примазки нефти.

Гранулометрический анализ применяется для изучения структуры обломочных и глинистых пород. Целями его являются правильное определение типа и названия породы, ее генезиса, что способствует определению свойств пород как коллекторов нефти, газа и воды.

Результаты гранулометрического анализа можно представить в виде гистограмм, циклограмм и кумулятивных кривых.

В ходе исследования и изучения особенностей литологического состава и гранулометрического анализа пород были использованы данные из таблиц 1 и 2.

Таблица 1 - Гранулометрический состав пород триасовых отложений по обнажениям реки Хей-Яга.

№№ ПП	Глубина (интервал) в м	Карбонатность	0,01 мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,25-0,1	0,5-0,25	1-0,5	2,0-1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	14/3	13,02	82,7	4,28	-	-	-	-	-
5.	14/17	6,36	45,81	7,05	7,88	22,3	10,6	-	-
6.	14/25	7,58	50,2	21,5	18,5	2,22	-	-	-
10.	19/1	5,11	43,03	10,4	28,2	12,95	0,31	-	-
12.	19/6	13,12	9,15	8,6	10	20,5	29,13	9,5	-
24.	23/36	13,32	44	7,1	22,4	13,08	0,1	-	-
34.	25/7	11,54	51,75	8,85	25,2	2,66	-	-	-
37.	27/1	8,98	38,32	7,1	21,2	24	0,4	-	-
39.	27/15	10,1	54,3	19,1	16,2	0,3	-	-	-
42.	29/4	11,2	44,23	11,05	29,78	3,82	-	-	-
48.	30/1-а	13,62	41,33	6,15	21,6	17,3	-	-	-
52.	35/1	9,3	34,74	7,85	11,7	30,01	6,4	-	-

По методике обработки кумулятивных кривых методами математической статистики были определены коэффициент отсортированности S_0 и медианный диаметр зерен M_d . Для этого, с помощью программы Excel и данных гранулометрического анализа, была построена кумулятивная кривая и по формулам подсчитаны коэффициент отсортированности и медианные диаметры зерен. Результаты представлены на рисунке 1. Коэффициент отсортированности материала определяется по формуле:

$$S_0 = Q_3 / Q_1$$

где Q_3 и Q_1 - величина третьей и первой кватилей, т.е. размеры частиц, которым отвечают ординаты соответственно 25 и 75%, когда от начала осей координат откладываются наиболее крупные фракции.

Таблица 2 - Гранулометрический состав пород триасовых отложений по скважине ВК-14.

№№ ПП	Глубина (интервал) в м	Карбонат								
		0,01 мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,25-0,1	0,5-0,25	1-0,5	2,0-1,0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	190,2-192,05 от начала	0,08	3,64	1,86	7,5	79,96	6,59	0,37	-	-
4	220,2	11,36	58,22	10,95	15,5	3,43	0,16	0,12	0,26	
7	234,5	36,64	56,76	-	6,54	0,06	-	-	-	
8	235	8,88	77,69	9,8	3,48	0,09	0,06	-	-	
10	236,6-238,4 в конце	11,64	39,32	5,02	11,95	31,9	0,17	-	-	
12	280,2-281,5 в конце	8,84	67,48	6,2	7,75	9,35	0,38	-	-	
15	376,0-377,2 1,0 от начала	19,4	68,23	9,95	1,91	0,35	0,16	-	-	
16	385,7-388,6	11,84	49,26	7,67	20,1	11	0,13	-	-	
20	437,5	10,68	35,36	4,23	5,21	19,4	24,7	0,42	-	
23	570	8	34,02	3,97	2,58	10,6	32,7	7,45	0,68	
28	660	16,16	28,8	5,77	1,9	7,81	32,73	6,26	0,57	
29	700	10,42	45,64	5,5	7,16	27,8	3,48	-	-	

Величины Q3 и Q1 определяют следующим образом. Из точек координат, соответствующих 25 и 75%-ным содержаниям, проводят горизонтальные линии (параллельные оси абсцисс) до пересечения с кумулятивной кривой и из точек пересечения опускают перпендикуляры на ось абсцисс, по которой и читаются в местах пересечения искомые квартильные размеры.



Рисунок 1 - Кумулятивная (суммарная, нарастающая) кривая глинистых и слабо известковистых алевролитов на обнажении реки Хей-Яга.

Средний, или медианный диаметр Md, т.е. вторая квартиль, или тот размер зерна, относительно которого половина зерен крупнее, другая половина - мельче, определяют непосредственно по кумулятивной кривой: из точки кривой с ординатой 50% опускают на ось абсцисс перпендикуляр и читают там искомый размер.

Результаты гранулометрического анализа продуктивных отложения на реке Хей-Яга представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Гранулометрического анализа продуктивных отложения на реке Хей-Яга.

№№ ПП	Глубина (интервал) в м	Карбонатность	0,01 мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,25-0,1	0,5-0,25	1-0,5	2,0-1,0	Md	S0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	14/3		13,02	82,7	4,28	-	-	-	-	0,005	0,44
5.	14/17		6,36	45,81	7,05	7,88	22,3	10,6	-	0,01	0,028
6.	14/25		7,58	50,2	21,5	18,5	2,22	-	-	0,01	0,12
10.	19/1		5,11	43,03	10,4	28,2	12,95	0,31	-	0,05	0,024
12.	19/6		13,12	9,15	8,6	10	20,5	29,13	9,5	0,25	0,02
24.	23/36		13,32	44	7,1	22,4	13,08	0,1	-	0,01	0,06
34.	25/7		11,54	51,75	8,85	25,2	2,66	-	-	0,009	0,116
37.	27/1		8,98	38,32	7,1	21,2	24	0,4	-	0,01	0,07
39.	27/15		10,1	54,3	19,1	16,2	0,3	-	-	0,008	0,12
42.	29/4		11,2	44,23	11,05	29,78	3,82	-	-	0,01	0,14
48.	30/1-а		13,62	41,33	6,15	21,6	17,3	-	-	0,01	0,06
52.	35/1		9,3	34,74	7,85	11,7	30,01	6,4	-	0,05	0,08

Для определения происхождения песчаников скважины ВК-14 и обнажения на реке Хей-Яга (таблицы 4 и 5) использовалась методика, предложенная Л.Б. Рухиным. На рисунках 2 и 3 представлены результаты гранулометрического анализа, на основании которых проведена фаціальная интерпретация.

Таблица 4 - Гранулометрический анализ песчаников скважины ВК-14.

	0 < 0,01	0,01	0,05-0,01	0,1-0,05	0,25-0,1	0,5-0,25	1-0,5	2,0-1,0	Md	S0
0	0,08	3,72	5,58	13,08	93,04	99,63	100	100	0,2	0,4
0	11,64	50,96	55,98	67,93	99,83	100	100	100	0,01	0,06
0	8,84	76,32	82,52	90,27	99,62	100	100	100	0,009	0,6
0	11,84	61,1	68,77	88,87	99,87	100	100	100	0,009	0,07
0	10,68	46,04	50,27	55,48	74,88	99,58	100	100	0,05	0,024
0	8	42,02	45,99	48,57	59,17	91,87	99,32	100	0,25	0,014
0	16,16	44,96	50,73	52,63	60,44	93,17	99,43	100	0,1	0,01
0	10,42	56,06	61,56	68,72	96,52	100	100	100	0,01	0,7

Таблица 5 - Гранулометрический анализ песчаников на реке Хей-Яга.

№№ ПП	Глубина (интервал) в м	Карбонатность	0,01 мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,25-0,1	0,5-0,25	1-0,5	2,0-1,0	Md	S0
5.	14/17		6,36	45,81	7,05	7,88	22,3	10,6	-	0,01	0,028
10.	19/1		5,11	43,03	10,4	28,2	12,95	0,31	-	0,05	0,024
12.	19/6		13,12	9,15	8,6	10	20,5	29,13	9,5	0,25	0,02
24.	23/36		13,32	44	7,1	22,4	13,08	0,1	-	0,01	0,06
37.	27/1		8,98	38,32	7,1	21,2	24	0,4	-	0,01	0,07
48.	30/1-а		13,62	41,33	6,15	21,6	17,3	-	-	0,01	0,06
52.	35/1		9,3	34,74	7,85	11,7	30,01	6,4	-	0,05	0,08

I- поле: Песчаник речного происхождения. Характер течения однонаправленный. Размеры зерен меняются в больших интервалах, отмечается недостаточная сортировка обломочных частиц.

II- поле: Песчаник мелководно-морского происхождения (побережье, пляжи). Песчаник имеет хорошую сортировку и средний размер частиц.

III- поле: Накопление песчаного осадка происходило в спокойной гидродинамической обстановке (центр озера, мелководное море и тихая речка). Размер частиц мелкий и отмечается хорошая сортировка.

IV- поле: Возможно формирование песчаного осадка под воздействием воздушных потоков.

V- поле: Неопределенный динамический режим.

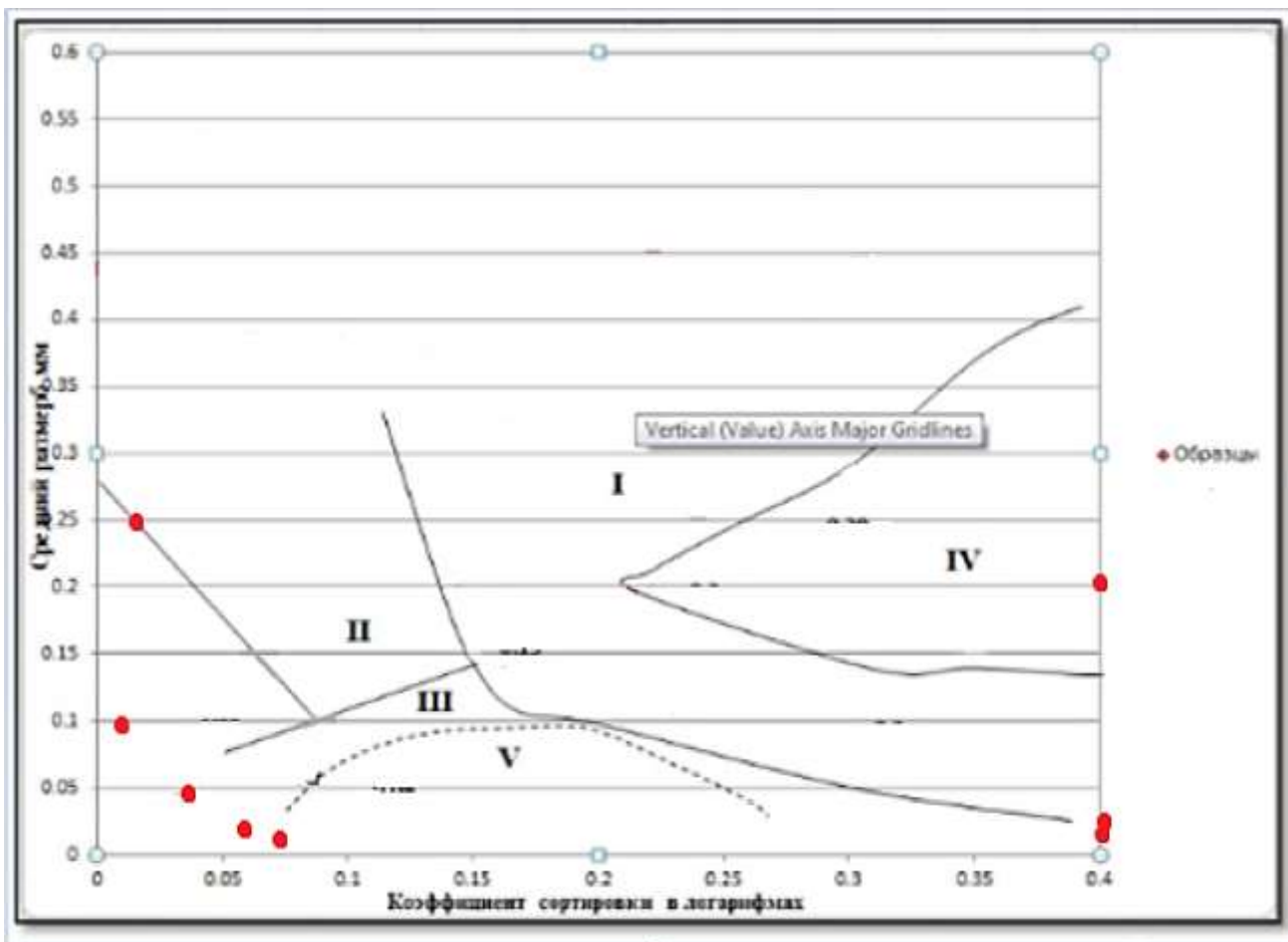


Рисунок 2 - Генетическая диаграмма песков Л.Б. Рухина по скважине ВК-14.

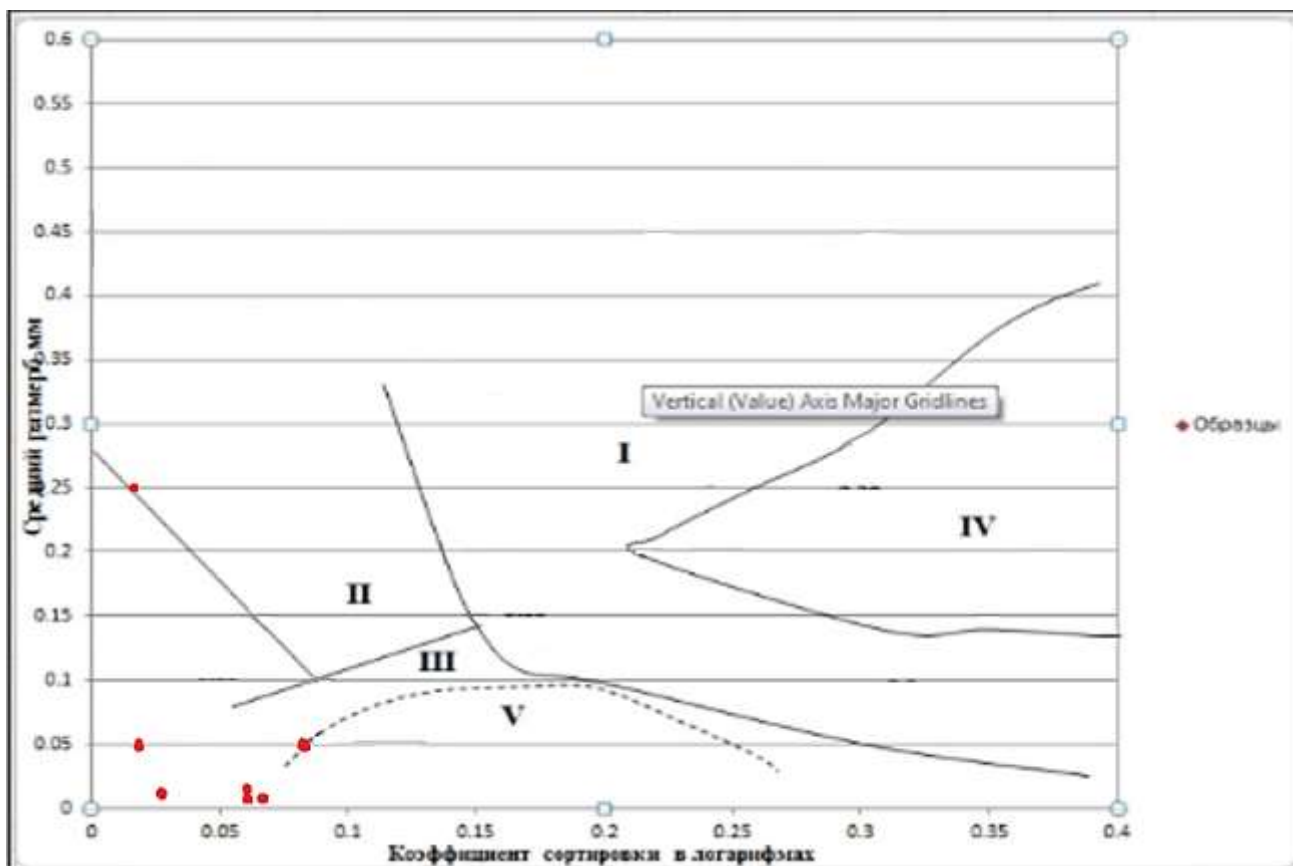


Рисунок 3 - Генетическая диаграмма песков Л.Б. Рухина на реке Хей-Яга.

На представленных графиках видно, что большинство изученных образцов попали в III поле. Таким образом, можно сделать вывод, что породы триасового возраста в скважине ВК-14 и отложения на реке Хей-Яга имеют одинаковое происхождение. В триасовое время установился режим континентального аллювиально-озерного и мелководно-морского осадконакопления. Причем надо отметить, что активное формирование впадины еще продолжалось, но оно было компенсировано осадками, что обусловило мощность триасовых отложений до 2 километров. В континентальной части Коротаихинской впадины вышележащие отложения юры и мела отсутствуют, вероятно, они были смыты во время кайнозоя.

В целом, для верхнепермско – триасовой части разреза характерно мозаичное развитие коллекторов по площади и разрезу, невыдержанность пластов по простиранию и отсутствие региональных и зональных покровов, здесь будут распространены главным образом литологические ловушки УВ.

Выводы:

В пределах исследуемой территории изучены особенности геологического строения

Библиографический список:

1. О триасовых отложениях печорского бассейна/ Енцова Ф.И., Хайцер Л.Л. //ДАН СССР, - 1959.- т. 129, №4 – с. 880-883. Текст: непосредственный.
2. Триасовые отложения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Материалы по геологии востока Русской платформы/ Енцова Ф.И., Калантар И.З.// Казань, Казанский университет, - 1966.- с. 138-189. Текст: непосредственный.
3. Перспективы нефтегазоносности терригенных отложений пермского возраста в пределах Коротаихинской впадины на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных // Успехи современного естествознания/ Маракова И.А.– 2020. – № 10. – с. 91-96. Текст: непосредственный.
4. Литология и фации триасовых отложений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции //Автореферат дисс./ Мораховская Е.Д.// На соиск. Уч. Ст. Канд. Г.-м. Наук. Л.: ВНИГРИ, -1979.- с. 23. Текст: непосредственный.

УДК 550.832

Оценка применения перфорационных систем щадящего воздействия на цементный камень на Бованенковском нефтегазоконденсатном месторождении

Уторов Д. А.

Научный руководитель - Умняев В. Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Сегодня перфорация применяется для оптимизации перманентного заканчивания, временного заканчивания, например, для проведения испытаний пластоиспытателем на бурительных трубах и ремонта скважины. Наряду с такими видами обслуживания, как гидроразрыв пласта, борьба с выносом песка, прострелочно-взрывные работы стали неотъемлемым элементом повышения продуктивности. При рассмотрении данной темы возник интерес о влиянии на цементный камень при вскрытии продуктивного интервала различными типами систем щадящего типа.

В настоящее время на рынке представлено множество компаний производящие различные типы перфорационных систем. В ряду крупных компаний можно выделить ООО «ПРОМПЕРФОРАТОР», АО ВЗРЫВГЕОСЕРВИС, Перфотех, БВТ. Эти компании хорошо зарекомендовали себя со стороны решения задач для производства различных компаний, в том числе вуктылгазгеофизика. Данная организация использует перфорационные системы различных типов, в том числе ПК50KL ORION, ПК105KL ORION многофазовые, ПК89KL ORION, Scorpion 89, Scorpion 114, ПКО 50-АТ, ПКО 89-АТ и ПКО 114-АТ [2]. Перфорационные системы зарекомендовали себя как высококачественное оборудование с лучшей стороны за время их использования.

Доклад основан на материалах, полученных в процессе прохождения производственной практики в ПФ «Вуктылгазгеофизика». В ходе работы были поставлены следующие задачи :

- Рассмотреть современные типы используемых перфорационных систем на примере конкретных скважин.
- Рассмотреть технологию вскрытия пластов, снижающую фугасное воздействие, а также уменьшающую растрескивание цементного камня в зависимости от фазировки зарядов.
- Провести анализ и сравнение геофизических материалов показывающих воздействие перфорационных систем на цемент.
- Оценить воздействие рассматриваемых систем на цементный камень.
- Сравнить полученные результаты и сделать выводы о влиянии на цемент.

1. Классификация систем вторичного вскрытия пласта

Перфорационные системы классифицируются по принципу технических средств и технологий (Рис 1.):

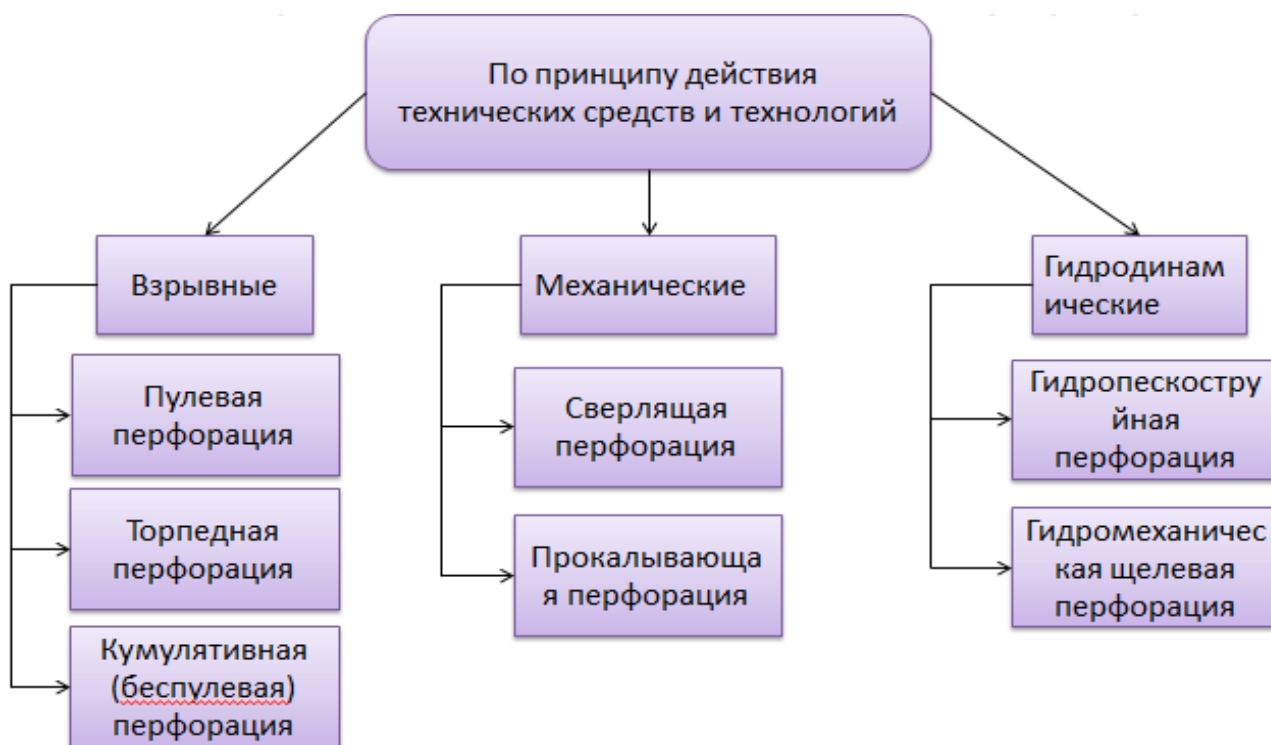


Рисунок 1 – Классификация систем вторичного вскрытия пласта.

В данной классификации взрывная перфорация имеет фугасное воздействие на обсадную колонну и цементный камень, а в свою очередь более щадящее воздействие оказывает механическая и гидродинамическая перфорации. Однако рассматривая перфорационные системы следует учитывать геолого-технические условия скважин (в особенности в газовых) на месторождениях полуострова Ямал. В данном исследовании рассматривается в большей степени кумулятивная перфорация имеющую энергию взрыва т.к. данный вид вскрытия пластов является более эффективным [3]. Кумулятивные перфораторы подразделяются (Рис 2.).

В настоящее время в основном применяют кумулятивную перфорацию (ПК). Кумулятивные перфораторы имеют заряды с конусной выемкой, которые позволяют фокусировать взрывные потоки газов и направлять их с большой скоростью перпендикулярно к стенкам скважины

В кумулятивный перфоратор вставляют шашку из спрессованного порошкообразного взрывчатого вещества, которая имеет конусную выемку, облицованную металлической плашкой.

Бескорпусные перфораторы спускают в скважину на каротажном кабеле. При выстреле стеклянные или пластмассовые оболочки полностью разрушаются. Бескорпусные перфораторы позволяют значительно увеличить массу кумулятивных зарядов и, следовательно, их пробивную способность.

Классификация перфораторов:



Рисунок 2 – Классификация кумулятивных перфораторов.

2. Вскрытие пластов оппозитно парной перфорацией в зависимости от фазировки зарядов

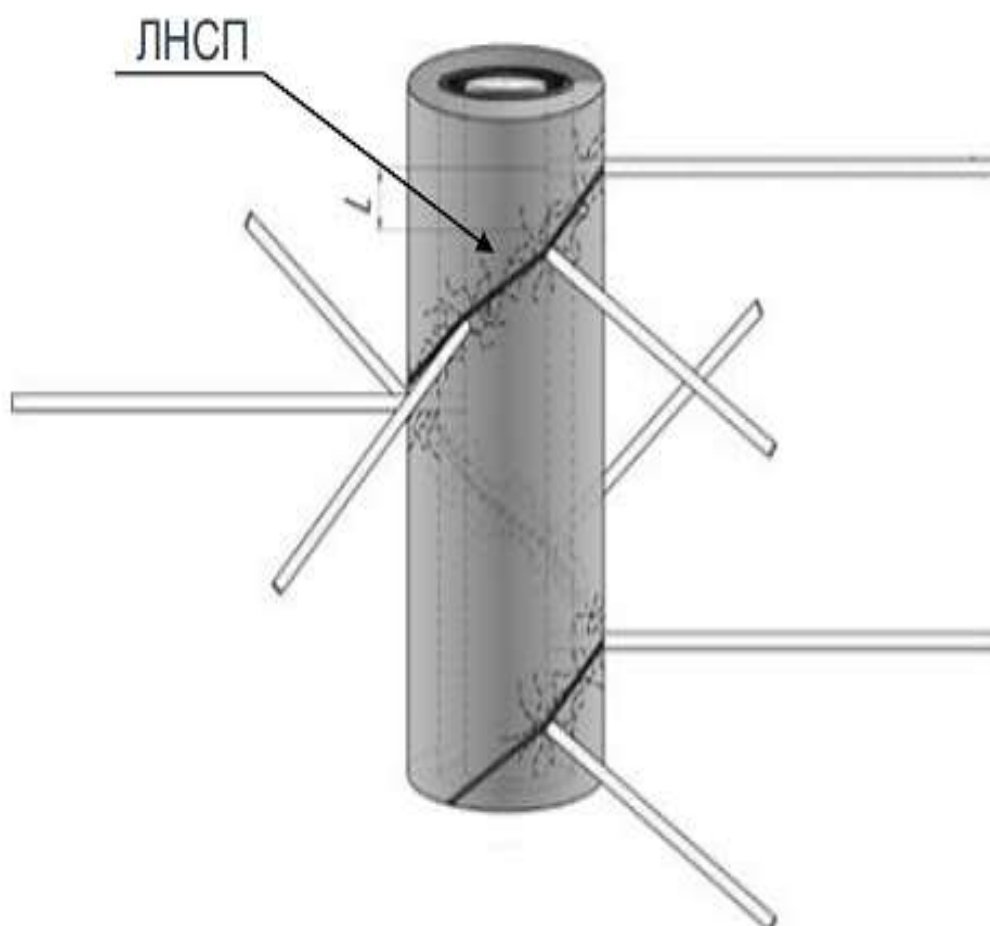


Рисунок 3 - Традиционная перфорация с расположением каналов по спирали.

Кумулятивная перфорация является одной из важнейших операций по созданию устойчивой гидросвязи в системе «скважина – пласт», но при этом оказывается воздействие на цементный камень (Рис 3.). Возможным последствием такого воздействия является образование техногенных трещин и соединение их в линию наименьшего сопротивления перетоку, что приводит к появлению заколонных перетоков и последующему обводнению.

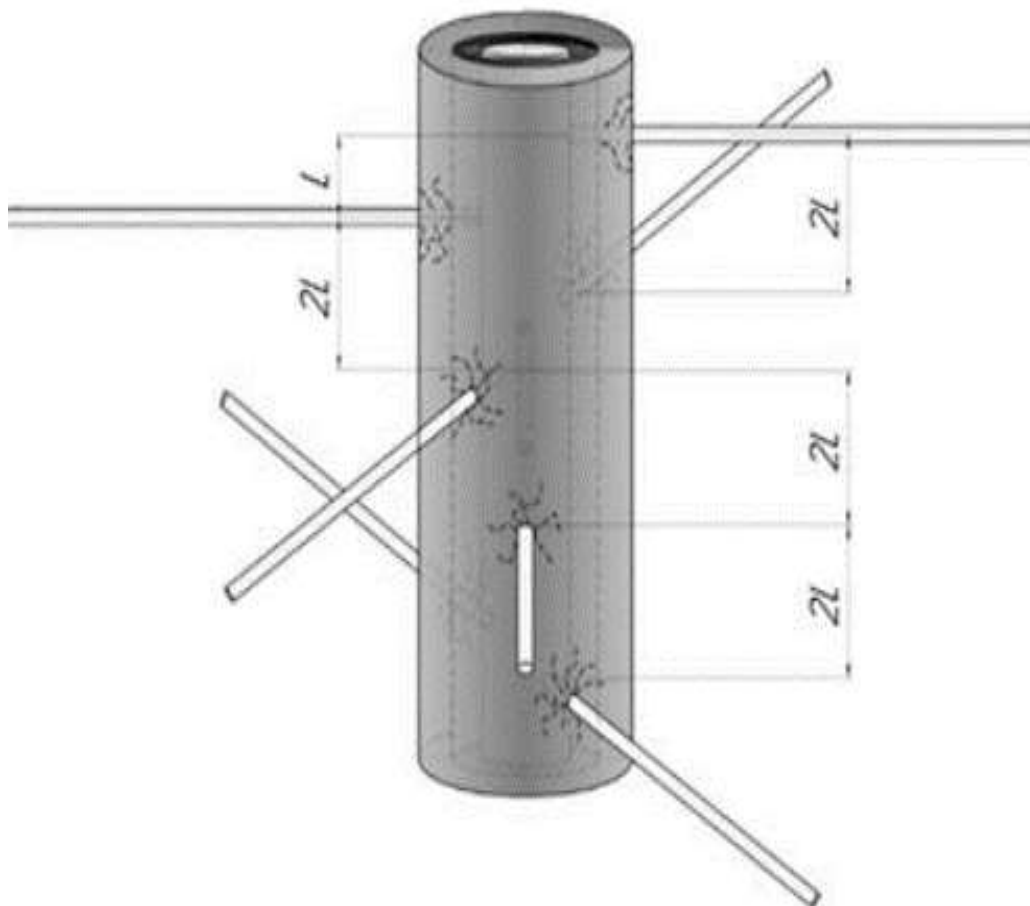


Рисунок 4 – Расположение зарядов с разной фазировкой.

С целью снижения ударных нагрузок на цементную крепь при проведении ПВР предлагается оппозитно-парная кумулятивная перфорация (Рис 4.). Два заряда, образующие пару, расположены относительно друг друга оппозитно (под углом $\alpha = 180^{\circ}$), а соседняя пара зарядов расположена под любым требуемым углом относительно предыдущей пары для обеспечения охвата пласта (например, $\beta = 135^{\circ}$) (Рис 5.). Углы фазировки α и β позволяют перераспределить и существенно снизить фугасную нагрузку внутри корпуса перфоратора.

- снизить вероятность получения заколонных перетоков флюида из-за перфорации;
- уменьшить размеры не дренируемых зон призабойной зоны пласта на 30%;
- увеличить охват пласта и зоны питания каждого перфорационного канала;
- повысить эффективность известных методов действия на пласт, в том числе ГРП.

Используемый тип перфоратора в данной технологии обеспечивает снижение деформации труб, муфтовых соединений и растрескивания цементного камня. Данная технология позволяет снизить вероятность образования заколонных перетоков уменьшающее обводнение скважины.

3. Основы теории метода АКЦ

Распространение упругих волн представляет последовательное возбуждении колебательного процесса в среде по различным направлениям от источника упругих волн. Характер движения частиц среды связан с теми или иными типами волн, которые могут существовать и распространяться на одном и том же участке среды независимо друг от друга.

Акустический излучатель, находящийся внутри обсадной колонны, возбуждает в буровом растворе сигнал. Часть сигнала проходит через колонну в цемент и в породу, а затем возвращается в приемник. Принимаемый сигнал состоит из нескольких компонент.

Первыми приходят сигналы от колонны.

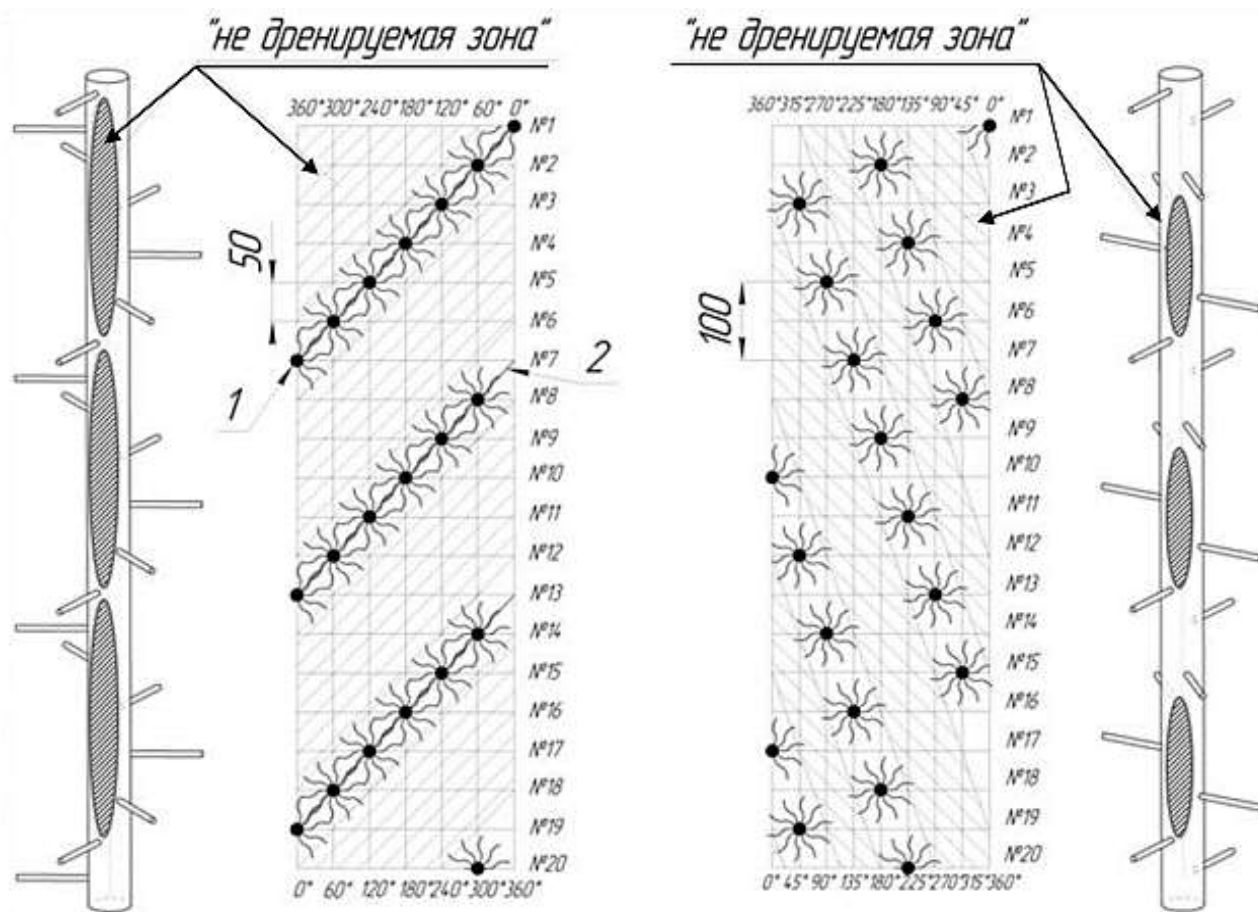


Рисунок 5 – Охват не дренируемой зоны с применением технологии.

Наибольшее значение имеет распространяющаяся по трубе волна растяжения, которую обычно называют продольной волной. Кроме продольной волны, в трубе будут возникать ещё волны - поперечная волна, волна Стоунли (скользящая по границе вода - стенка трубы), волны, связанные с отражениями упругих колебаний от стенок трубы.

Свойства среды так же влияют, как на скорость распространения, так и на затухание энергии акустических волн. При проведении акустического каротажа в обсаженных скважинах было замечено, что акустические параметры (например, амплитуды) сильно изменяются по своей величине. Эти изменения вызваны присутствием цементного камня в затрубном пространстве.

При цементировании заколонного пространства и при дальнейшей эксплуатации скважины в цементном кольце могут формироваться следующие основные дефекты:

- а) вертикальные каналы и трещины;
- б) кольцевые микрозазоры на границах с обсадной колонной и горными породами;
- в) горизонтальные разрывы цементного кольца;

Время прохождения по породе широко меняется в зависимости от плотности породы. Если знать скорость волн до цементирования и сравнить их со скоростью волн после цементирования, то можно судить о качестве цементирования.

Всякую волну можно представить в виде совокупности плоских гармонических волн с различными частотами, т.е. получить её спектральное разложение. Волна, которая занимает некоторую ограниченную область пространства и состоит из волн, частоты которых мало отличаются друг от друга, называется **волновым пакетом**, или квазимонохроматической волной (Рис 6.).

Для квазимонохроматической волны применимо понятие **групповой скорости**, которая представляет собой скорость огибающей профиля волны. Форма огибающей определяется фазовыми соотношениями между компонентами волны. С групповой скоростью происходит перенос энергии волны. Для гармонических волн групповая скорость совпадает с фазовой.

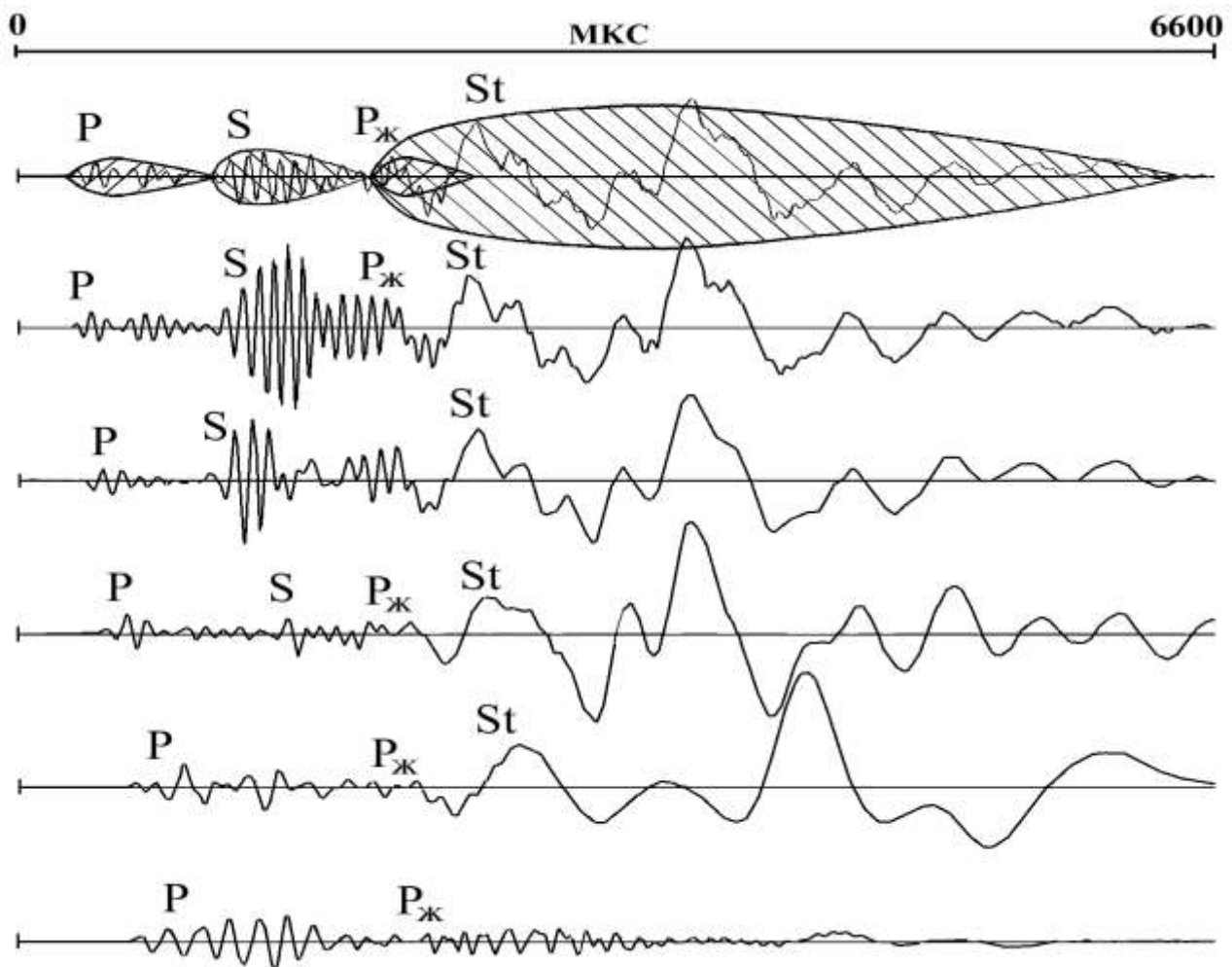


Рисунок 6 – Полный волновой пакет записи.

Помимо основных типов информативных волн, присутствуют также колебания других типов волн: отражённых и обменных. Их невозможно обнаружить невооружённым глазом в волновых пакетах, но они легко идентифицируются на фазокорреляционных диаграммах в зависимости от угла наклона волновой картины.

Амплитуда колебаний продольной волны, идущей по колонне, время пробега продольной волны и амплитуда колебания продольной волны, регистрируемой в качестве первого вступления, измеряются акустическими цементомерами типа АКЦ.

При интерпретации данных акустического цементомера за основу берутся показания кривой A_k , а кривые A_{II} и T_{II} являются вспомогательными (Рис 7.).

Максимальные значения A_k и A_n и среднее значение T_a характеризуют незацементированную колонну, а иногда и отсутствие связи цементного камня с колонной. Минимальные значения A_k свидетельствуют о хорошем сцеплении цементного камня с колонной. Кривая T_{II} достигает максимального значения на участках колонны с хорошим сцеплением цементного камня с колонной и плохим сцеплением его с породой. В этом случае T_a близко ко времени пробега упругой волны по промывочной жидкости. Минимальное значение регистрируемого времени T_T , меньшее времени прохождения продольной волны по колонне T_{II} , наблюдается в интервалах, характеризующихся высокой скоростью распространения колебаний в породе при жесткой связи цементного камня с колонной и стенками скважины.

4. Оценка качества цементирования по волновым картинам

Незацементированная колонна на волновой картине отмечается мощным долго не затухающим сигналом трубных волн, приходящим за время T_k которое равно времени пробега волны на базе зонда со скоростью стержневых волн в стали. Время T_k для базы 2,5 м в зависимости от диаметра колонны и физико-химических свойств жидкости в скважине может изменяться (Рис 8; в.к. 1).

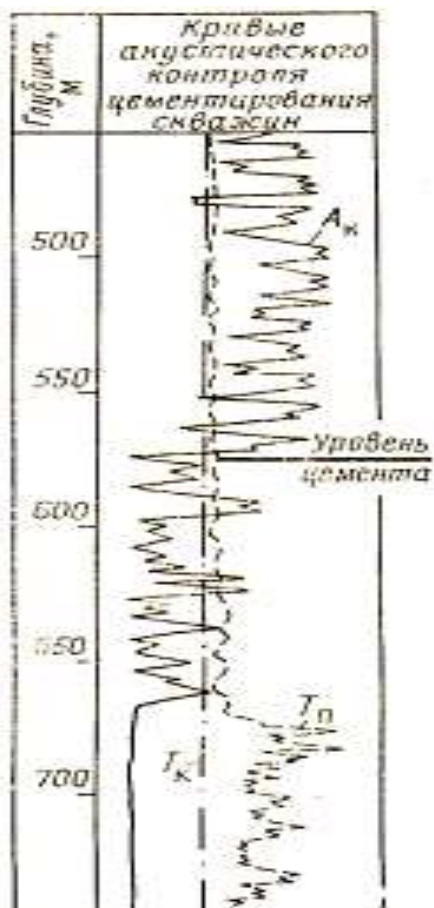


Рисунок 7 – Кривые АКЦ.

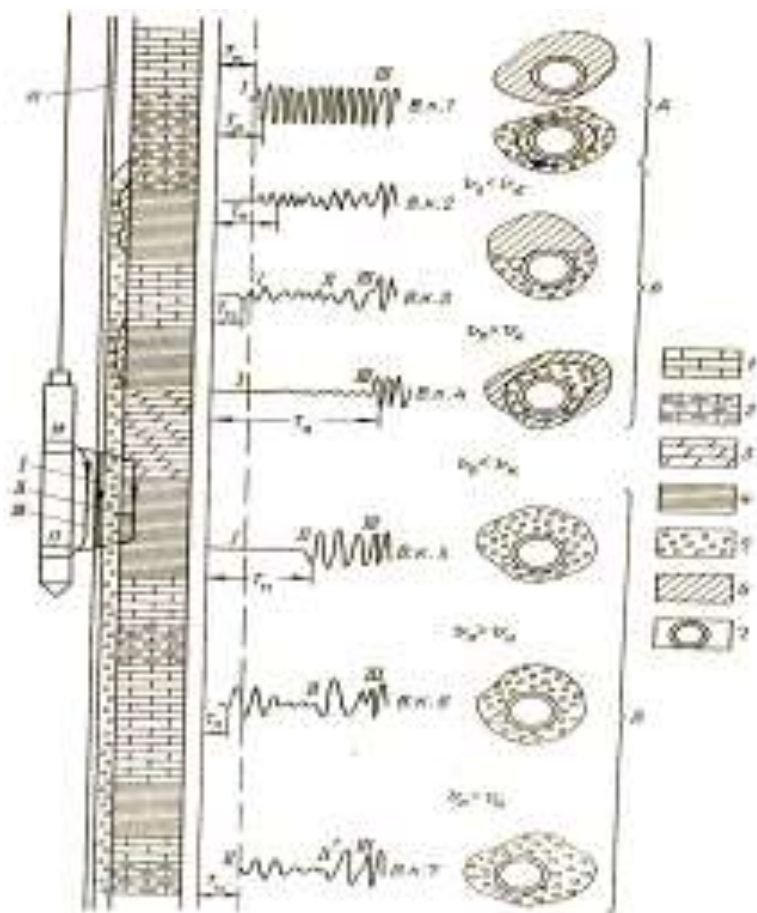


Рисунок 8 – Определение качества сцепления цементного камня.

Хорошее качество цементирования обсадных колонн в низкоскоростном разрезе отмечается на волновой картине весьма малой амплитудой A_k колонн и значительной амплитудой A_n породы амплитуда. Типы волн в этом случае отчетливо разделяются по времени их вступления (Рис 8; к. 5). Если A_k меньше критической величины, выше которой контакт цементного камня с колонной считается неполным, а A_n и T_n коррелируются со значениями, полученными при исследовании необсаженной скважины акустическим методом, или со значениями кажущегося электрического сопротивления пород, то затрубное пространство является герметичным.[1]

Хорошее качество цементирования обсадных колонн в высокоскоростном разрезе отмечается на волновой картине неискаженным импульсом продольной волны по породе (Рис 8; в.к. 6 и 7).

В случаях, когда A_k превышает критическое значение и не удастся выделить волны по породе при отсутствии корреляции значений амплитуд A_n со значениями их в необсаженной скважине, затрубное пространство негерметично или его герметичность неопределенна (случай частичного цементирования) (Рис 8; в.к. 2 и в.к. 3).

Совместная интерпретация данных контроля цементирования акустическим методом, данных акустического метода, полученных в необсаженной скважине, и волновых картин позволяет наиболее правильно оценить качество цементирования обсадных колонн.

Библиографический список:

1. Ташкинов И.В., Шумилов А.В. Современные подходы к оценке качества цементирования акустическими методами /НТЖ «Нефть. Газ. Инновации». Самара: ООО «Издательский дом «Нефть. Газ. Инновации». № 10. 2016. С. 26–30
2. Перфорационные системы [Электронный ресурс] / VGS; Электрон.дан. - Нефтекамск: АО «VGS», 2024. URL: [http:// www.vzgs.ru/](http://www.vzgs.ru/), свободный. Загл. с экрана. – Яз.рус.
3. Лукьянов В.Г., Комащенко В.И., Шмурыгин В.А, Взрывные работы Учебник: г. Томск, 2006.

УДК 553.9

Газонефтеносность и комплекс геолого-геофизических исследований по разведке Юрвож-Большелягского месторождения

Легостаев Н. Ю.

Научный руководитель – Ростовщиков В. Б.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность

Вуктыльский район с развитой газодобычей, транспортной и перерабатывающей инфраструктурой испытывает острый недостаток в разведанных запасах углеводородов. Поэтому проведение здесь геологоразведочных работ является весьма актуальной задачей.

Общая ситуация.

Доманиково-турнейский нефтегазоносный комплекс характеризуется широким развитием органогенных образований. В пределах Верхнепечорской впадины выявлены крупные рифогенные сооружения типа атоллов и карбонатных банок. На северо-западе выделяется крупный Югид-Ельский атолл, к югу на западном борту – Юрвож-Кылымбельская карбонатная банка.[1]

В пределах Юрвож-Кылымбельской карбонатной банки выделена Юрвож-Большелягская рифогенная ловушка, в которой установлена нефтегазоконденсатная залежь.

История открытия и разведки Юрвож-Большелягского месторождения.

Бурением параметрической скважины № 1-Юрвожская был изучен разрез осадочного чехла на Юрвожском поднятии и выявлена промышленная залежь конденсатного газа в турнейско-верхнефаменских отложениях, а также установлено нефтенасыщение песчаников джьерского горизонта.

В 1984-87 годах в 12 км южнее Юрвожской структуры в сводовой части Большелягской структуры (по результатам работ с/п 79/66-67) пробурена параметрическая скважина № 1-Большелягская (проектная глубина – 4200 м, горизонт – D₂). Цель бурения – изучение глубинного геологического строения территории, выявление зон нефтегазоаккумуляции с

количественной и качественной оценкой перспектив их нефтегазоносности, выявление зон наиболее перспективных для детальных геолого-поисковых работ, получение сейсмогеологической характеристики, получение подсчётных параметров для подсчета запасов. В результате бурения пройдены и изучены отложения четвертичного, пермского, каменноугольного и девонского возраста. При фактическом забое 4201 м вскрыты среднедевонские породы (старооскольский горизонт, вскрытая мощность – 179 м).

В результате бурения параметрической скважины № 1-Большелягская открыта залежь (прил. 1) конденсатного газа в рифогенно-межрифовых карбонатах фаменского яруса верхнего девона. По результатам бурения и испытания скважины в 1987 году проведён подсчёт запасов свободного газа по категории C_1 в объёме 2930 млн. м³.

В 1987 году в 3,5 км к юго-востоку от параметрической скважины № 1-Юрвожская пробурена поисковая скважина № 3-Юрвожская, проектной глубиной 3450 м и проектным горизонтом D_3 . Скважина пробурена с целью поисков залежей газа в отложениях пермского, каменноугольного и позднедевонского возраста, количественной и качественной оценки залежи и подготовки площади к разведочному этапу бурения. В результате бурения скважины пройдены и изучены отложения четвертичного, пермского, каменноугольного и позднедевонского возраста. Остановлена в нижнефаменских отложениях верхнего девона по достижении проектного забоя. В связи с высоким содержанием сероводорода и несоответствием оборудования условиям эксплуатации скважина № 3-Юрвожская была ликвидирована.

В результате бурения скважины № 3-Юрвожская подтверждено наличие залежи конденсатного газа с высоким содержанием сероводорода в пределах Юрвож-Большелягского месторождения.

В присводовой части Юрвожской структуры в 2 км к северу от скважины № 1-Юрвожская в 1987-88 годах пробурена поисковая скважина № 2-Юрвожская проектной глубиной 4100 м, проектным горизонтом нижнефранские отложения верхнего девона. Скважина бурилась с целью изучения газоносности рифогенных карбонатов D_3fm_3 , нефтеносности песчаников верхнего девона и была остановлена бурением при фактическом забое 2150 м в кунгурских отложениях нижней перми из-за отсутствия антикоррозийного оборудования.

В скважине выполнен полный комплекс промыслово-геофизических исследований и газовый каротаж. В результате обработки материалов ГИС во вскрытом разрезе пермского возраста продуктивные пласты не были выделены.

Поисковая скважина № 5-Южно-Большелягская с проектной глубиной 3300 м и проектным горизонтом – верхний девон, пробурена в 1986-87 годах в 10 км к югу от параметрической скважины № 1-Большелягская с целью поисков залежей нефти и газа в каменноугольных и верхнедевонских отложениях. Скважиной пройдены и изучены отложения четвертичного, пермского, каменноугольного, позднефаменского возраста и вскрыты до глубины 3365 м усть-печорские отложения среднефаменского подъяруса верхнего девона.

По данным исследования промысловой геофизики пласты-коллекторы в нижнепермских, каменноугольных и верхнедевонских отложениях водонасыщены.

В связи с бесперспективностью вскрытого разреза, непродуктивность карбонатов фаменского яруса объясняется их заглинизованностью, в сравнении с продуктивными карбонатами этого возраста в скважинах № 1-Юрвожская и № 1-Большелягская, скважина № 5 была закончена бурением без спуска эксплуатационной колонны и ликвидирована.

Поисковая скважина № 7-Большелягская проектной глубиной 3300 м и проектным горизонтом – верхний девон, была пробурена между Юрвожской и Большелягской структурами для установления единой залежи конденсатного газа в отложениях верхнего девона. Скважина № 7-Большелягская с забоем 2686 м остановлена в среднекаменноугольных отложениях из-за отсутствия антикоррозийного оборудования.

В скважине был произведён комплекс промыслово-геофизических исследований, отбор керна и шлама. Во вскрытом разрезе нефтегазопоявлений не наблюдалось. По материалам промысловой геофизики объекты для опробования не выделены, поэтому, опробования не производилось. В связи с тем, что вскрытый разрез в скважине № 7 аналогичен разрезам в скважинах № 3-Юрвожская и № 1-Большелягская, дальнейшее углубление и вскрытие продуктивных горизонтов с высоким содержанием сероводорода было признано невозможным.

Результаты бурения скважин на Юрвож-Большелягском участке (1983-1988 года):

- Выявлена залежь конденсатного газа с высоким содержанием сероводорода и углекислого газа в карбонатах верхнефаменского подъяруса верхнего девона;
- Получена нефть непромышленного значения (опробование некачественное) в песчаниках джьерского горизонта нижнефранских отложений верхнего девона;
- Все скважины ликвидированы из-за невозможности их эксплуатации в связи с отсутствием в то время соответствующего антикоррозионного оборудования;

• Запасы по Юрвож-Большелягскому месторождению составляют:

газ: категория C_1 – 4,152 млрд. м³;

категория C_2 – 2,927 млрд. м³.

конденсат (категория C_1): извлекаемые – 0,750 млн. т;

балансовые – 1,745 млн. т.

Изученность бурением составила 17,32 км²/скв. площадь – 86,6 км², количество скважин – 6).

Программа поисково-разведочных работ на Юрвож-Большелягской площади преследует следующие задачи:

1. Доразведка выявленной залежи конденсатного газа.
2. Поиски новых залежей, возможно, без сероводородных заражений в среднедевонско-нижнефранском нефтегазоносном комплексе и в надкарбонатных теригенных отложениях нижней и верхней перми.
3. Опоискование новых рифогенных объектов в пределах Юрвож-Кылымьельской карбонатной банки.

Методы опоискования:

1. Проведение детальной гравиразведки масштабом 1:10000 для выявления рифогенных построек.

2. Сейсморазведка МОГТ-3Д с исследованием всего осадочного чехла в пределах карбонатной банки, обратив особое внимание на оконтуривание ловушки в поддоманиковых теригенных отложениях.

3. Бурение поисковых и разведочных скважин. Разведочные скважины предлагается бурить с учетом морфологии рифогенных залежей кустовым методом: с одного основания несколько наклонно-направленных скважин.

Выводы:

Несмотря на сероводородное заражение выявленной залежи, существуют предпосылки открытия безсероводородных углеводородов в других НГК в пределах Юрвож-Кылымьельской карбонатной банки.

Библиографический список:

1. Газовые и газоконденсатные месторождения Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна / [В.Н. Данилов, Ю.В. Кочкина, Т.В. Антоновская] ; под ред. В.Н. Данилова ; филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта. – СПб. : «Ренеме», 2018. – 264 с.

УДК 550.34

Катастрофические землетрясения в истории

Орлов А. В.

Научный руководитель - Берг Н. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Землетрясения происходят каждый день, однако не все люди задумываются, насколько они могут быть разрушительными.

Землетрясение - подземные толчки и колебания земной поверхности, сдвиг тектонических плит. В настоящее время считается, что землетрясения отражают процесс геологического преобразования планеты. Согласно современным взглядам, первопричиной землетрясений являются глобальные геологические и тектонические силы, но в настоящее время их природа не

совсем понятна. Появление этих сил соотносят с перепадами температуры в недрах Земли. Большинство землетрясений возникает на краях тектонических плит. Замечено, что за последние два столетия сильные землетрясения происходили в результате вспарывания крупных разломов, выходящих на поверхность [3]. Катастрофические землетрясения с печальной для человечества регулярностью напоминают о себе, унося тысячи жизней и сея разрушения то в одном, то в другом регионе Земли. Закономерным последствием таких катастроф стали вспышки повышенного интереса к землетрясениям и единовременное выделение толики средств на изучение этого грозного явления. Затем интерес и средства быстро тают до следующей катастрофы. Причем эти средства несоизмеримы с затратами по ликвидации разрушительных последствий землетрясений, и создается впечатление, что человечество примирилось с неизбежностью подобных потерь и не верит в возможность как-то справиться со стихией. Основанием для этого может служить отсутствие каких-либо заметных продвижений в многолетних попытках решения проблемы прогноза землетрясений, несмотря на то, что по данной тематике работают достаточно значительные научные силы многих развитых стран [5].

Предотвращение землетрясений занимает важное место в современном мире, где человечество сталкивается с растущими угрозами природных катастроф. Землетрясения, как одно из наиболее разрушительных природных явлений, способны нанести невосполнимый ущерб, как людям, так и инфраструктуре. Поэтому умение предотвращать землетрясения и уменьшать их последствия становится вопросом высшей важности. Прежде всего, землетрясения могут привести к колоссальным потерям жизней. Обширные разрушения, обвалы зданий, смертельное цунами - все это негативные последствия сейсмической активности, которые могут быть предотвращены или, по крайней мере, смягчены благодаря правильной подготовке и мерам предосторожности. Кроме того, землетрясения оказывают существенное влияние на экономику и социальную сферу. Потери из-за разрушения жилых и промышленных зданий, прерывание работы предприятий, нарушение инфраструктуры - все это сказывается на жизни общества и может привести к длительному экономическому кризису. Научиться предотвращать землетрясения - значит сделать мир более безопасным для жизни и деятельности человека. Использование современных технологий в области геологии, сейсмологии и инженерии позволяет разрабатывать методы прогнозирования и мониторинга сейсмической активности, строить здания, устойчивые к землетрясениям, и внедрять системы раннего предупреждения. Важно также обращать внимание на образование населения, проводить информационно-просветительскую работу о правильном поведении в случае землетрясения и о мерах предосторожности. Чем больше людей будут осведомлены о возможных угрозах и знают, как правильно действовать, тем меньше будет жертв и разрушений. Таким образом, научиться предотвращать землетрясения - это задача, с которой сталкивается современное общество. Это требует усилий всех участников - от государственных органов и ученых до обычных граждан. И только совместными усилиями мы сможем сделать наш мир более безопасным и устойчивым к природным катаклизмам.

Землетрясения делятся на:

- 1) тектонические - возникают из-за тектонических процессов в недрах земной коры.
- 2) вулканические - возникают из-за извержения вулканов, обвальные - возникают в результате обрушения заброшенных горных рудников.
- 3) техногенные - возникают из-за вмешательства человека.
- 4) искусственные - возникают из-за мощного взрыва.
- 5) моретрясения - так называют тектонические или вулканические землетрясения, происходящие под водой или близ берега.

Данные о землетрясениях фиксируются при помощи сейсмографов: специальных инструментов, состоящих из прочного основания, стоящего на земле, и тяжелого груза. Когда землетрясение набирает обороты, основание сейсмографа начинает трястись, тогда, как груз остается неподвижным, так как пружина, к которой он прикреплен, поглощает все колебания. Таким образом, геологи записывают разницу в позиции между базой инструмента и грузом.

При помощи сейсмографа магнитуда землетрясений фиксируется по шкале Рихтера: люди часто путают магнитуду и интенсивность, но вторая выясняется гораздо позже — когда подземные толчки влияют на здания, людей или природные объекты [2]. Шкала Рихтера - это один из наиболее широко используемых методов измерения магнитуды землетрясений. Эта шкала была разработана американским сейсмологом Чарльзом Ф. Рихтером в 1935 году и стала ключевым инструментом для оценки силы и масштаба землетрясений по всему миру. Шкала Рихтера основана на логарифмической шкале, что означает, что каждое увеличение числа на шкале на единицу соответствует увеличению амплитуды землетрясения в 10 раз. Например, землетрясение с магнитудой 5 на шкале Рихтера считается в 10 раз сильнее землетрясения с магнитудой 4. Таким образом, шкала Рихтера позволяет обозначить различные уровни силы землетрясений и сравнивать их между собой. Основная цель шкалы Рихтера - это предоставить точные и объективные данные о силе землетрясения для общественности, спасательных служб, инженеров и других заинтересованных лиц. Информация о магнитуде землетрясений, полученная с помощью шкалы Рихтера, позволяет быстро оценить потенциальный ущерб и принять соответствующие меры безопасности. Важно отметить, что шкала Рихтера имеет свои ограничения и не всегда способна полностью отразить всю сложность землетрясений. Поэтому современные сейсмологи также используют другие методы измерения силы землетрясений, такие как шкала магнитуды Моента. Тем не менее, шкала Рихтера остается важным инструментом для классификации и оценки землетрясений и продолжает быть широко применяемой в сейсмологии. Ее использование помогает людям на всем мире более точно понимать и реагировать на угрозу землетрясений и минимизировать потенциальный ущерб.

Самое мощное землетрясение в истории

Оно произошло 22 мая 1960 года в Чили. Его еще называют Великим Чилийским землетрясением. Его магнитуда составила 9,5 баллов. Сильные толчки потрясли территорию в 200 000 квадратных километров. Землетрясение вызвало цунами, волны которого достигали высоты 10 метров. Они добрались даже до города Хило на Гавайях примерно в 10 тысячах километров от эпицентра и нанесли значительный ущерб. Остатки цунами наблюдали даже у берегов Японии и Филиппин.

Удивительно, но, несмотря на такие ужасающие масштабы, количество жертв в этом землетрясении было меньше, чем при других землетрясениях меньшего масштаба. Объясняется это тем, что основной удар пришелся по малозаселенным местностям. В результате этого землетрясения погибло 6 тысяч человек [1].

Крупнейшее землетрясение в истории СССР

7 декабря 1988 года произошло самое страшное землетрясение в истории СССР. На северо-западе Армянской ССР в городе Спитак случилась природная катастрофа, унесшая жизнь 25 000 человек и охватившая почти 40 процентов территории Армении. 140 000 человек в результате этой катастрофы стали инвалидами, 514 000 остались без крова.

Магнитуда землетрясения составила 6,8 балла. Сам город, в котором находился эпицентр, а также 58 ближайших сел были разрушены до основания. Серия подземных толчков нанесла значительный ущерб 21 городу и 300 населенным пунктам. Общий ущерб от землетрясения составил около 10 миллиардов рублей.

Крупнейшее землетрясение в истории Византийской империи

По данным историков, при этом землетрясении погибло 250 000 человек. Оно произошло в Антиохии, входившей в состав Византии, охватив сопредельные области Сирии. Вызванные землетрясением пожары уничтожили большую часть устоявших зданий.

Самое смертоносное землетрясение в современной истории

По разным оценкам, в нем погибло от 228 000 до 300 000 человек. Землетрясение началось 26 декабря 2004 года в Индийском океане рядом с островом Суматра. Согласно разным оценкам, магнитуда самого землетрясения составляла от 9,1 до 9,3 баллов. Оно входит в тройку самых сильных землетрясений за всю историю. Землетрясение вызывало цунами, волны которого достигли побережья 14 стран. Добралось даже до берегов Порт-Элизабет в ЮАР, несмотря на то, что он находился в 6900 километрах от эпицентра. В некоторых случаях до побережий доходили волны высотой выше 20 метров [4].

Для ученых предугадать землетрясения - это сложная и важная задача, требующая использования современных технологий и методов исследования. Сейсмологи по всему миру работают над разработкой методов прогнозирования землетрясений, чтобы предостеречь людей от разрушительных последствий этого природного явления. Одним из методов предсказания землетрясений является мониторинг сейсмической активности. Установленные по всему миру сейсмические станции регистрируют подземные толчки и колебания, что позволяет ученым отслеживать изменения в земной коре и прогнозировать возможные землетрясения. Анализ данных, полученных от сейсмических станций, позволяет выявлять зоны повышенного сейсмического риска и определять вероятность возникновения землетрясений в определенных районах. Кроме того, ученые используют геодезические методы, такие как измерение деформации земной коры, чтобы отслеживать изменения в рельефе и напряжениях, накапливающихся перед землетрясением. Моделирование сейсмических процессов на основе этих данных позволяет ученым лучше понять природу землетрясений и предсказывать их возникновение с большей точностью.

Землетрясения остаются одними из самых опасных и разрушительных природных явлений. Они оказывают значительное влияние на общество и призывают к постоянному развитию методов предотвращения и смягчения последствий. Каждое крупное землетрясение - напоминание о хрупкости нашей планеты и необходимости постоянного совершенствования методов противостояния этому природному явлению.

Библиографический список:

1. Великое Чилийское землетрясение [Электронный ресурс].- https://ru.wikipedia.org/wiki/Великое_Чилийское_землетрясение (дата обращения 1.04.24)
2. Все, что нужно знать о землетрясениях: причины, шкала, виды и суть явления. [Электронный ресурс].- <https://news.rambler.ru/tech/49517318-vse-cto-nuzhno-znat-o-zemletryasenyah-prichiny-shkala-vidy-i-sut-yavleniya/> (дата обращения 1.04.24)
3. Землетрясение [Электронный ресурс]. - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение> (дата обращения 1.04.24).
4. Землетрясение в Индийском океане(2004) [Электронный ресурс].- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Индийском_океане_\(2004\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Индийском_океане_(2004)) (дата обращения 1.04.24)
5. Разведочная геофизика с целью прогноза землетрясений /О. К. Кондратьев //Геофизика: сборник. – 1995. - №3. – с.19-25. Текст: непосредственный.

УДК 331.087

Современная геологоразведка: беспилотники и искусственный интеллект

Бурдейный А. Э.

Научный руководитель – Сбитнева Я. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений это уже давно высокотехнологическая отрасль, которая по наукоёмкости и технологичности вторая после космоса. Уже как 30 лет самые последние наработки в IT технологии, физики, химии и других науках используются в геологоразведке.

Тем не менее, существуют сложности в прогнозировании нефтегазоносности крупных территории и этот вопрос все еще остается актуальным для Российской Федерации, т.к. до сих пор огромные территории остаются слабо исследованными.

Несмотря на открытие новых месторождений углеводородов они все еще остаются сложными для разработки. Поэтому важным критерием при добыче все чаще становится использование инновационных технологий.

Внедрению инноваций доступны все этапы: от разведки будущих месторождений до нефтепереработки.

Стоит напомнить, что сегодня нефтяникам и газовикам приходится все больше заниматься разработкой так называемых трудноизвлекаемых запасов. Разведанные запасы таких углеводородов в России только за последние 9 лет выросли на 30%, при этом ежегодный прирост составляет в среднем около 3%. Примерно 58% этих запасов считаются трудноизвлекаемыми из-за сложных геологических условий, а 42% - из-за сурового климата.

Разработка таких месторождений требует новых подходов.

Использование современных технологий, таких как беспилотники открывает новые возможности в разведке углеводородов.



Рисунок 1 - Дрон Matrice 300 RTK на полевой работе.

Размещенный на дроне специальный датчик, так называемый искусственный нос, анализирует состав атмосферы около поверхности земли.

Установленный на БПЛА лазерно-оптический комплекс (лидар) распознает присутствие в приповерхностном слое атмосферы веществ, свидетельствующих о близости месторождения. Это, в частности, углеводородные газы: метан, этан, пропан, бутан, пентан. В результате геологи получают карту концентраций этих веществ.

Если она превышена, в соответствующем месте нужно искать нефть.

Смонтированная на дроне аппаратура очень точная и улавливает мельчайшие следы нужных веществ.

БПЛА используются в геологоразведке и для мониторинга инфраструктуры. Дрон может обследовать более 240 км трубопровода в день — наравне с экипажем вертолета, чей летный час стоит \$2500. При этом работа дрона обходится компании в шесть раз дешевле.

Отечественные беспилотники могут исследовать территорию в 100 км² в 10 раз быстрее, чем это можно было сделать на земле, и в два раза дешевле, чем традиционные методы с привлечением самолетов. Технология позволяет вести геологоразведку даже в самых труднодоступных участках в любое время года.

Благодаря возможности оснащения БПЛА высокоточным оборудованием их прикладные функции постоянно расширяются: аэросъемки проходят днем и ночью, в сложных условиях. Российские нефтяные и газовые компании так же используют дроны для обнаружения утечек газа из трубопроводов, но не для поиска месторождений.

Проведение регулярного осмотра оборудования с помощью дрона и тепловизора позволяет выявить теплопотери, утечки газа и другие дефекты на оборудовании на раннем этапе, избежать простоев, крупных поломок и минимизировать вред для экологии.

Применение дронов эффективно также на этапе нефтепереработки. Они позволяют:

- вести повседневное наблюдение за территорией
- проводить инвентаризацию (подсчитывать количество и качество запасов), инспектировать оборудование на предмет повреждений,
- проводить регулярный осмотр в самых труднодоступных для людей участках.

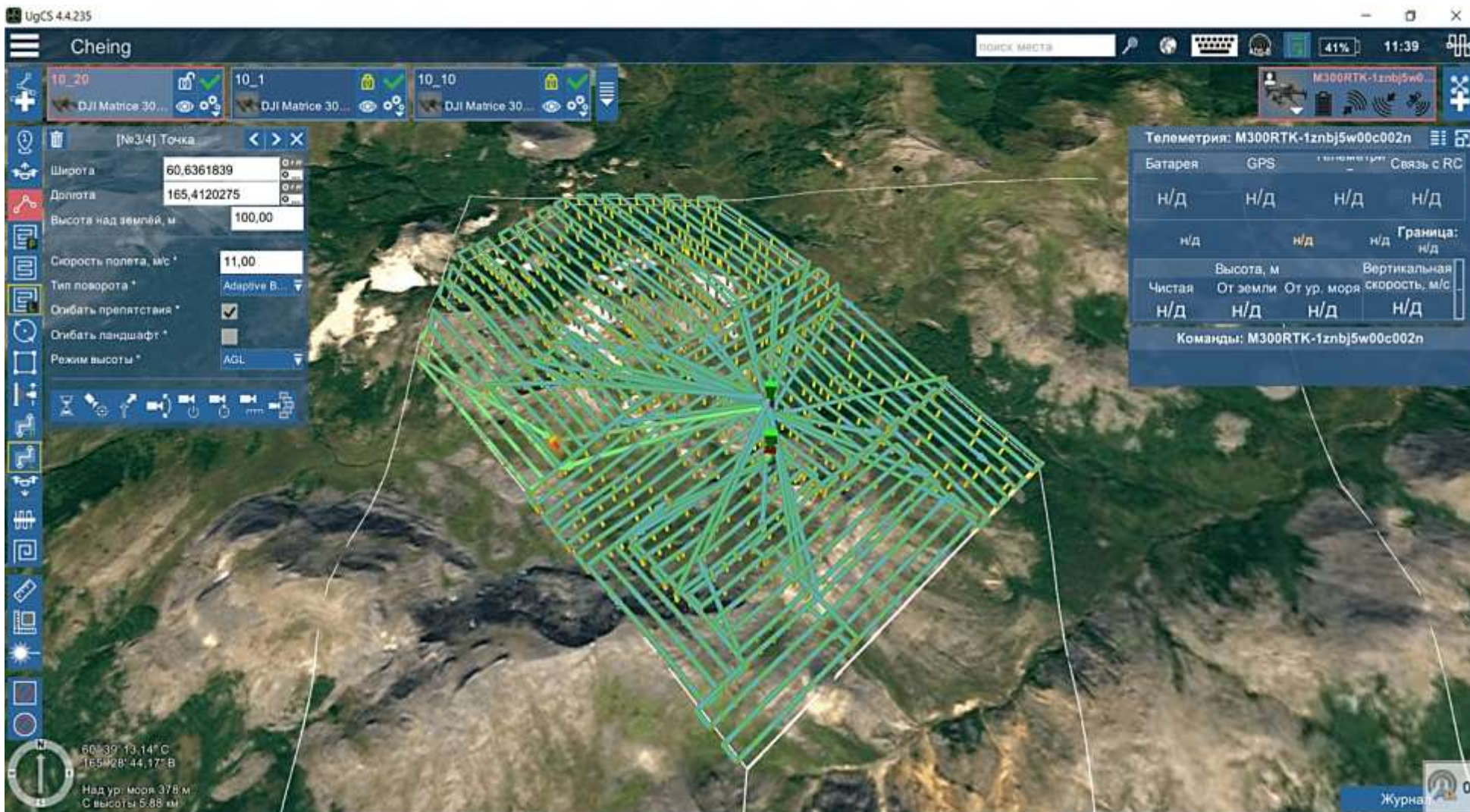


Рисунок 2 - Планирование маршрутов в программе Ugcs.

Все это повышает безопасность производства, сокращает время проведения осмотра и позволяет выявить проблемы на оборудовании на раннем этапе, избежать простоев и крупных затрат на ремонт.

Беспилотники в геологоразведке — это пример прорывных технологий, которые кардинально меняют привычные форматы работы. Они быстрее, дешевле, эффективнее и экологичнее справляются с исследованиями, чем другие методы. Успешные испытания подтвердили, что уже сейчас часть геологоразведочных работ можно проводить с помощью дронов.

Библиографический список:

1. Старосельский В.И. История развития и современное состояние сырьевой базы газовой промышленности России: науч.-техн. обзор / В.И. Старосельский, Г.Ф. Пантелеев, В.П. Ступаков и др.; под ред. А.Д. Седых. – М.: ИРЦ Газпром, 2000. – 117.
2. Варламов А.И. Состояние сырьевой базы углеводородов Российской Федерации и предложения по обеспечению минерально-сырьевой безопасности / А.И. Варламов, А.П. Афанасенков, М.И. Лоджевская и др. // Геология нефти и газа. – 2012. – № 1. – С. 4–14.
3. Интернет источник: <https://geo.gazprom-neft.ru/press-center/>.



СЕКЦИЯ 5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.056

Временная логика в задачах контроля и разграничения доступа в БД

Подоров А. А.

Научный руководитель – Полтавцева М. А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Термин "Big Data" относится к явлению, характеризующемуся на «5V»: объем (Volume), скорость накопления и обработки (Velocity), разнообразие типов данных (Variety), достоверность данных и результатов их анализа (Veracity) и высокой значимостью (Value). Бизнес-стратегии все больше определяются комплексным анализом огромных объемов разнородных данных, поступающих из разных источников, чему способствовали многочисленные технологические достижения: создание хранилищ NoSQL и парадигм распределённых вычислений.

Платформы Big Data превосходят традиционные системы в отношении анализа, производительности и масштабируемости. Однако они не превосходят традиционные системы в отношении защиты данных.

Неограниченный доступ к большому объему данных, в том числе и конфиденциальных, расширенные возможности анализа и прогнозирования могут представить серьезную угрозу для безопасности.

Методы построения защиты (разграничения доступа) для традиционных систем нельзя напрямую адаптировать к платформам Big Data. Это связано с поддержкой полуструктурированных и неструктурированных данных, их количеством, строгим требованием к производительности, разнообразием моделей, языков анализа и платформ. Определения инструментов защиты данных для платформ Big Data является актуальной задачей.

Как и все дискретные системы, платформы Big Data изменяют свое состояние. Учитывая масштаб данных и количество операций, состояния меняются быстро, жизненный цикл объектов и субъектов тоже. Для построения механизма разграничения доступа в быстро изменяющейся во времени системе можно воспользоваться логикой высказываний, утверждения в которой изменяются со временем – временной (темпоральной) логикой. Темпоральная логика позволяет представлять и анализировать временные зависимости, последовательность событий и изменения состояний в системах и процессах и применяется в различных областях, таких как искусственный интеллект, компьютерные науки, теоретическая информатика и инженерия программного обеспечения для разработки алгоритмов и моделей, связанных с временем.

Целью данной работы является разработка модели разграничения доступа для платформ Big Data с применением темпоральной логики.

Опыт зарубежных компаний по использованию формальных методов верификации, описанный в работе [1] показывает, что TLA+ наиболее полно удовлетворяет их задачам и требованиям.

Авторы работ [2, 3] разработали спецификацию модели управления доступом к системным ресурсам описанные с помощью TLA+. В [2] приводится частичная спецификация модели изолированной программной среды субъектов доступа, среди которых формальные свойства системы и начальная инициализация системы. В [3] описана более подробная модель, включающая задание типов данных, описывающих объекты и субъекты, инициализацию начальных значений и возможных действий системы. На примере действий чтения файла и создания копии объекта подробно объяснены необходимые для данных действий пред и пост условия и заданы формальные свойства модели в виде двух инвариантов с подробным описанием условий.

Существует большое количество типов временных логик, анализ некоторых из них наиболее подходящих для создания спецификации модели поведения различных систем, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Типы временных логик.

Временная логика	Механизм «взаимодействия» со временем	Сложность понимания. Лаконичность	Возможность описать поведение реагирующих систем, изменяющих во времени	Обеспечение свойств будущего поведения системы из начального состояния
Логика с указателями на время	Моменты времени t_i	Даже простые выражения сложно понять.	Полученная модель будет неточной, запутанной, нагроможденной	Трудоемкая задача, результат будет нагроможденным
Tense Logic	Модальные операторы: F, P, G, H, X, U и их сочетания	Выражения средне понимаемы	Модель будет с хорошей гибкостью и точностью	Модальные операторы позволят обеспечить свойство
LTL	Модальные операторы U, X и вводимые через них F, G, и их различные сочетания Концепция «миров», направленных в будущее со своими различными состояниями	Выражения средне понимаемы	Модель будет с хорошей гибкостью и точностью	Модальные операторы и концепция «миров» позволят просчитать выполнение свойств с того или иного момента

Сравнение различных интерпретаций временных логик показал, что логика линейного времени (LTL) наиболее полно отражает суть процессов, происходящих в системах, где последовательность событий определяет их нормальное функционирование. Особенность LTL, обеспечивающая возможность прогнозирования определенных характеристик поведения системы в будущем, делает ее отличным инструментом для гарантирования безопасности и защиты данных.

Для оценки использования временной логики в методах обеспечения безопасности провели сравнительный анализ механизмов разграничения доступа для платформ Big Data (таблица 2). Среди механизмов есть как решения для конкретных платформ Big Data, так и для независимые от платформы.

Таким образом, хотя исследования в области управления доступом для платформ Big Data развивается, пока не предложено никакого решения для единого механизма управления доступом, который мог бы сочетать универсальность от платформа-независимых методов и эффективность от платформа-зависимых методов. Основная причина этому неоднородность и неструктурированность управляемых данных и, соответственно, языков для манипулирования ими.

Основным преимуществом темпоральной логики является возможность построения формальной спецификации модели с последующей её верификацией.

Таблица 2 –Методы контроля доступа.

Метод к/д	Независимость от платформы	Модель к/д	Поддержка контекста	Задержки
GuardMR	Нет	RBAC	Нет	Средняя/высокая
Vigiles	Нет	DAC	Нет	Средняя/высокая
HeAC	Нет	RBAC	Нет	-
K-VAC	Нет	DAC	Да	Высокая
Метод от Shalabi and Gudes	Нет	RBAC	Нет	-
Mem	Нет	RBAC	Нет	Высокая
ConfinedMem	Нет	DAC	Да	Средняя/низкая
Метод от Colombo and Ferrari (2017b)	Да	ABAC	Да	Средняя
Метод от Longstaff and Noble (2016)	Да	ABAC	Да	-
CBAC	Да	RBAC/ABAC		Средняя

Среди методов верификации перспективным является формальный. Формальная верификация – это процесс математической проверки того, что поведение системы, описанное с использованием формальной модели, удовлетворяет заданному свойству, также описанному с использованием формальной модели. По сравнению с другими методами, такими как экспертиза и тестирование, формальный метод позволяет выявить сложные ошибки и избежать их при построении системы. Соответствующая формальная модель описывается с помощью формальных методов, языки которых используются для построения абстрактных автоматных моделей и поддерживаются инструментальными средствами.

Среди существующих формальных методов(языков) темпоральная логика используется в TLA+, PROMELA, Petri Nets. Анализ этих языков представлен в таблице 3.

Сравнив три метода формальной верификации, использующих темпоральную логику, можем сделать вывод, что Petri Nets не подходит ввиду огромного масштаба систем BigData и разнородности данных, количество состояний и переходов для таких систем будет огромным и громоздким. Promela ограничена Си-подобным языком, с помощью которого выстраивается формальная модель. Построение формальной модели на таком языке для BigData вызовет большие затруднения и проблемы. TLA+ своим представлением данных в виде множеств и общей абстрактностью хорошо подходит для создания модели для BigData по сравнению с остальными методами.

Для экспоненциальной апробации TLA+ в Big Data была разработана спецификация модели контроля доступа к ресурсам компьютерной системы, по сути являющаяся реализацией дискреционного контроля доступа со списками контроля доступа. Разработанная модель, безусловно, является не сложной в плане безопасности, но даже её разработка заняла некоторое количество времени. Абстрактный подход TLA+ позволяет не задумываться о тонкостях реализации в виде кода и избавиться от громоздкости, которая присуща коду. Разработка и верификация модели контроля доступа для Big Data потребует значительное количество временных и материально-технических затрат.

Текущей задачей является разработка формальной спецификации временного контроля доступа за пользователями Big Data, учитывающая временные ограничения, такие как начало и конец рабочего дня, отпуска или сезонные изменения в доступности данных. На данный момент разработана спецификация, описывающая аутентификацию пользователей согласно графику доступа. Она включает в себя описание типов пользователей и групп, хранящие график доступа (рисунок 1).

Аутентификация пользователей описана через задания необходимых пред- и постусловий (рисунок 2). Предусловия – это утверждения, которые должны быть выполнены для обеспечения безопасности операции. Постусловия описывают, как переменные системы изменяются в результате выполнения действия.

Таблица 3 –Формальные методы спецификации.

Критерий	Подходы к верификации формальных моделей		
	TLA+	PROMELA	Petri Nets
Возможность моделирования параллельных процессов	Да	Да	Да
Математический аппарат	Основана на темпоральной логике действий (TLA), темпоральной логике линейного времени	Основана на линейной темпоральной логике (LTL)	Основана на теории автоматного программирования, использующей для моделирования систем (алгоритмов) структуры Крипке и темпоральную логику (CTL)
Поддержка произвольно-сложных структур	Да	Нет	Нет
Представление данных	В виде множеств	Си подобные типы данных	В расширении CP-nets : целые числа, логические значения, вещественные числа, строки и пользовательские типы данных
Средства проверки состояний использует распределенные системы	Да	Да	Да
Подходит для распределенных и параллельных систем	Да	Да	Для крупных систем слишком много состояний и переходов

EXTENDS *Integers, FiniteSets, Sequences*

$WeekDay \triangleq \{ "Mon", "Tue", "Wed", "Thu", "Fri", "Sat", "Sun" \}$

$HoursType \triangleq 0..23$

VARIABLES J, S, G

$AccessTime \triangleq [days : WeekDay, hours : SUBSET HoursType]$

$vars \triangleq \langle J, S, G \rangle$

$ObjectIDs \triangleq 0..3$

$SubjectIDs \triangleq 0..3$

$GroupIDs \triangleq 0..2$

$SubjectStatusIDs \triangleq 0..1$

$Groups \triangleq [gid : GroupIDs,$
 $access : AccessTime]$

$Subjects \triangleq [sid : SubjectIDs,$
 $group : Groups,$
 $status : SubjectStatusIDs,$
 $prnt : SubjectIDs]$

Рисунок 1 – Задание типов данных.

$AuthSubject(s) \triangleq \wedge s.status' = 1$
 $\wedge J' = Append(J, \langle s.sid, "authentication is successful" \rangle)$
 $\wedge UNCHANGED \langle G \rangle$

$AuthFailed(s) \triangleq \wedge J' = Append(J, \langle s.sid, "authentication is failed" \rangle)$
 $\wedge UNCHANGED \langle S, G \rangle$

$AuthSubjectD \triangleq \exists s \in S :$
 $\exists curtime \in SUBSET AccessTime :$
 $\vee \wedge s.status = 0$
 $\wedge curtime \subseteq s.group.access$
 $\wedge AuthSubject(s)$
 $\vee \wedge s.status = 1$
 $\wedge AuthFailed(s)$

Рисунок 2 – Действие аутентификации.

В основе спецификации лежит определение инвариантов – свойств, которые должны соблюдаться во всех возможных состояниях модели. Текущая спецификация включает проверку принадлежности данным заданным типам и отсутствия субъектов с одинаковыми порядковыми номерами (рисунок 3).

$$\begin{aligned}
SubTypeInv &\triangleq \wedge S \subseteq Subjects \\
GroupTypeInv &\triangleq \wedge G \subseteq Groups \\
TypeInv &\triangleq \wedge SubTypeInv \\
&\quad \wedge GroupTypeInv \\
UniqIDInv &\triangleq \wedge \forall sub1 \in S : \text{IF } \exists sub2 \in S : \\
&\quad \quad \quad \wedge sub1 \neq sub2 \\
&\quad \quad \quad \wedge sub1.sid = sub2.sid \\
&\quad \quad \quad \text{THEN FALSE} \\
&\quad \quad \quad \text{ELSE TRUE} \\
&\quad \wedge \forall gr1 \in G : \text{IF } \exists gr2 \in G : \\
&\quad \quad \quad \wedge gr1 \neq gr2 \\
&\quad \quad \quad \wedge gr1.gid = gr2.gid \\
&\quad \quad \quad \text{THEN FALSE} \\
&\quad \quad \quad \text{ELSE TRUE}
\end{aligned}$$

Рисунок 3 – Инварианты спецификации.

Работа по верификации разработанной спецификации находится на стадии выполнения, поскольку процесс требует большого количества времени и свободного места на запоминающем устройстве.

Следующая задача разработки – проектирование спецификации временного доступа к данным и контроля за жизненным циклом данных, препятствующая аномальным действиям по отношению к ним.

Библиографический список:

1. Newcombe, C. Why Amazon Chose TLA+ / C. Newcombe // International Conference on Abstract State Machines, Alloy, B, TLA, VDM, and Z – 2014. – P. 25-39.
2. Каннер, А.М. Применение TLA+ нотации для описания модели изолированной программной среды субъектов доступа и ее дальнейшей верификации / А.М. Каннер // Вопросы защиты информации. – 2021. – № 3. – С. 8-11.
3. Козачок, А.В. Спецификация модели управления доступом к разнокатегорийным ресурсам компьютерных систем / А.В. Козачок // Вопросы кибербезопасности. – 2018. – №4 (28). – С. 2-7.

УДК 004.424.7

Реализация и использование тернарных нейросетей в современных компьютерных системах

Стрюков П. В., Герберт Д. В.

Научный руководитель – Базарова И. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

За последние 3 года популярность использования нейросетей возросла более чем в 820 раз. Сегодня они активно проникают в бизнес, науку, образование и военную сферу. Однако, по мере усложнения задач, очень быстро возрастают требования для обучения и развертывания нейросетей, поэтому необходимо все больше вычислительных мощностей. По этой причине, с каждым годом нехватка Ai-ускорителей только растёт. В результате, на сегодняшний момент, многие компании стоят практически в годовой очереди за GPU серверами с целью масштабирования (Рисунок 8).

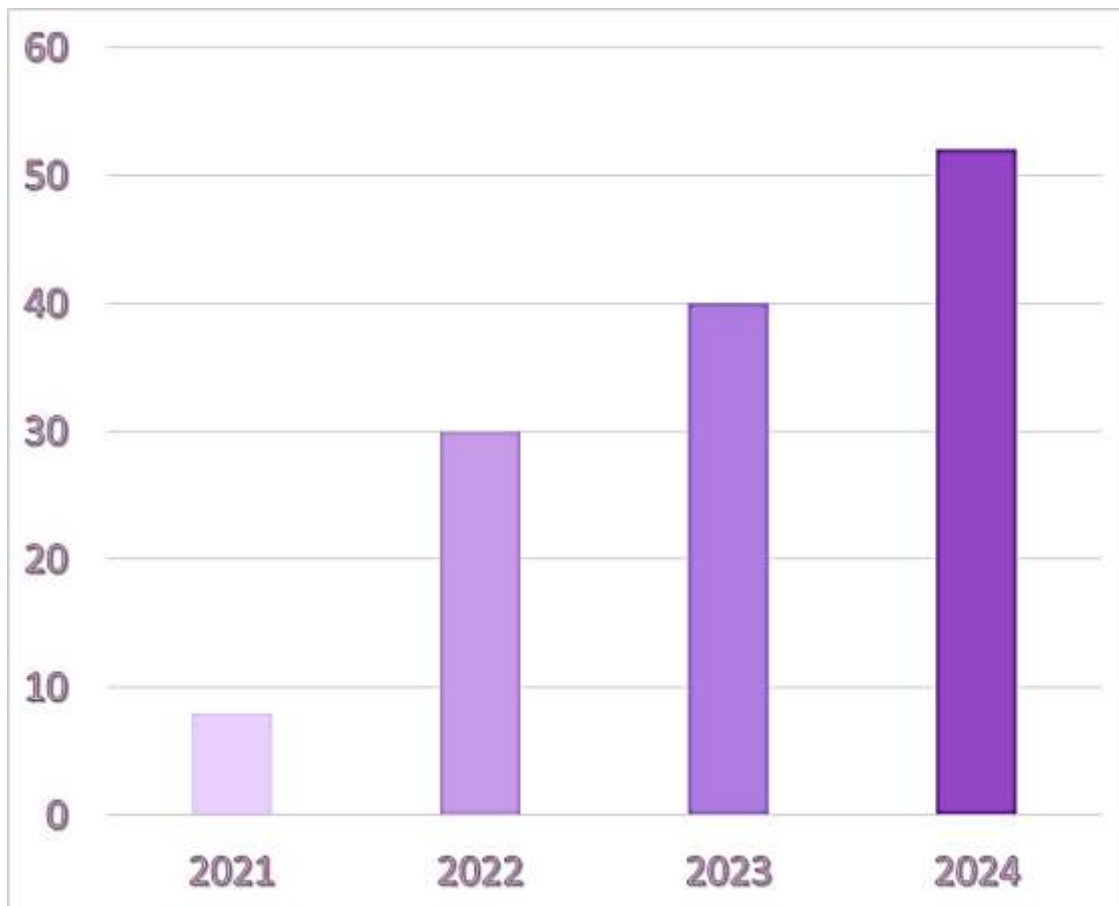


Рисунок 8 – Сроки поставки серверов (в неделях).

Основная цель данной работы – реализация тернарных нейросетей под современное оборудование.

Задачи: Исследование возможностей тернарных нейросетей;

Выработка компромиссных методик для возможности их использования с учетом современных аппаратных решений;

Проведение количественных анализов тернарных нейросетей в сравнении с классическими.

Большая часть чипов, направленных на использование в сфере ИИ заточена под умножение чисел в наиболее ходовом формате – fp16. Тем не менее, целый ряд исследований ставит под сомнение оптимальность этого формата, что приводит к постепенному появлению таких систем как intel gaudi, dgx bh200 и т.д. Однако fp16 остается доминирующим типом данных для нейросетей на рынке, что сильно ограничивает возможности крупных экспериментов с другими форматами и архитектурами значительно отличными от классического трансформера.

Прежде чем перейти к тернарным нейросетям, необходимо рассмотреть троичную систему счисления и разобрать, чем же она так интересна. Троичная система счисления – самая емкая [1]. И это не сложно доказать математически.

Взяв за основание d , мы имеем n/d комплектов (предполагаем, что одно целочисленно делится на другое без остатка), а из m комплектов можно сложить d^m чисел. Таким образом будем искать максимум функции целочисленного аргумента d и фиксированного числа n : $d^{\frac{n}{d}}$. Путем элементарных преобразований заменим аргумент d на непрерывный, обозначив его x , и будем искать максимум функции уже непрерывного аргумента. $f(x) = x^{\frac{n}{x}} = e^{n \cdot \frac{\ln(x)}{x}}$; $f'(x) = nf(x) \cdot \frac{1 - \ln(x)}{x^2} = 0$ Отсюда $x = e$. Следовательно, в целых числах самой экономной будет троичная система счисления.

В общем виде архитектуру тернарной нейросети можно представить так (Рисунок 9).

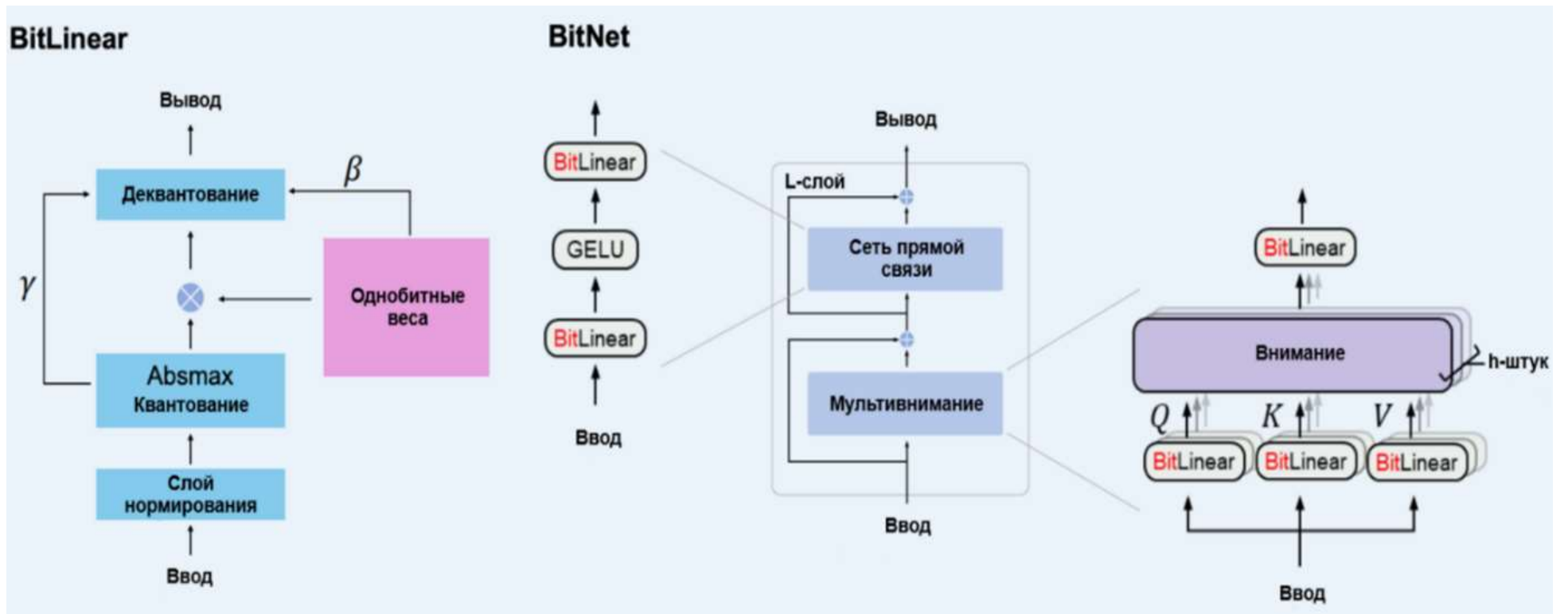


Рисунок 9 – Архитектура тернарных нейросетей.

В процессе обучения мы сначала будем получать веса в формате fp16 после чего производить их квантование в уравновешенную троичную систему. Для того чтобы не потерять в точности относительно стандартного трансформера используем множественное внимание, при этом веса внимания храним в формате fp16. Данная часть трансформерной архитектуры подвергается наибольшему количеству изменений и, из-за потерь на приведение систем, мы не получим выигрыша если попробуем работать с ней в троичной логике [2].

В результате подобного изменения классической трансформерной архитектуры мы получаем выигрыш не только в памяти, но и в скорости вывода, так как перемножение матриц в формате fp16 заменяется на сложение. Ускорение настолько велико, что ощущается даже с учетом потерь на приведение систем счисления (Рисунок 10).

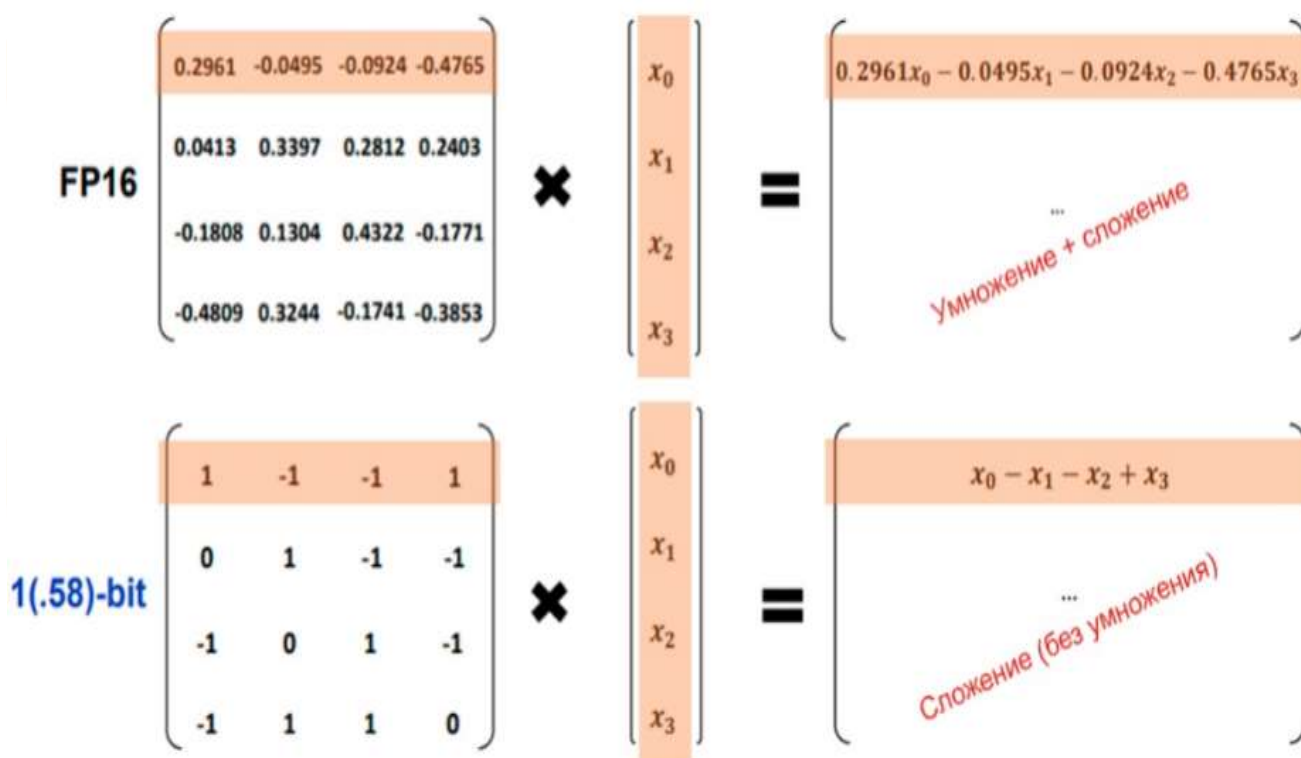


Рисунок 10 - Оптимизация вывода.

В данной работе нами были проведены различные бенчмарки моделей в сравнении с Llama архитектурой на задачах текстовой генерации (Таблица 2). Для анализа качества генерации модели мы использовали так называемый «тест недоумения» на эталонном тексте. Чем меньше коэффициент «недоумения», тем лучше модель усвоила обучающие данные. Эта методика была применена по причине того, что мы обучали практически «пустые» модели, поэтому другие классические тесты были просто не применимы. Тот факт, что с увеличением размеров моделей тернарная нейросеть становится лучше обычной объясняется тем, что с повышением размера уменьшается коэффициент вырожденности матрицы [3].

Так же разница в скорости вывода увеличивается ввиду того, что мы тернарно квантуем именно ту часть нейросети, в которой находятся весовые параметры. Поэтому с увеличением числа параметров разница становится лишь ощутимей (Рисунок 11).

Таким образом, можно сказать, что у тернарных нейросетей большое будущее. Однако на сегодняшний момент есть не решенные проблемы. К ним можно отнести отсутствие специальных вычислительных схем для троичной логики, что увеличивает время обучения, даже относительно классической трансформерной нейросети. Помимо этого практика показывает, что многие идеи, кажущиеся очень перспективными, плохо переносят масштабирование. Ввиду большой цены экспериментов с крупными масштабами, их обычно проводят последними.

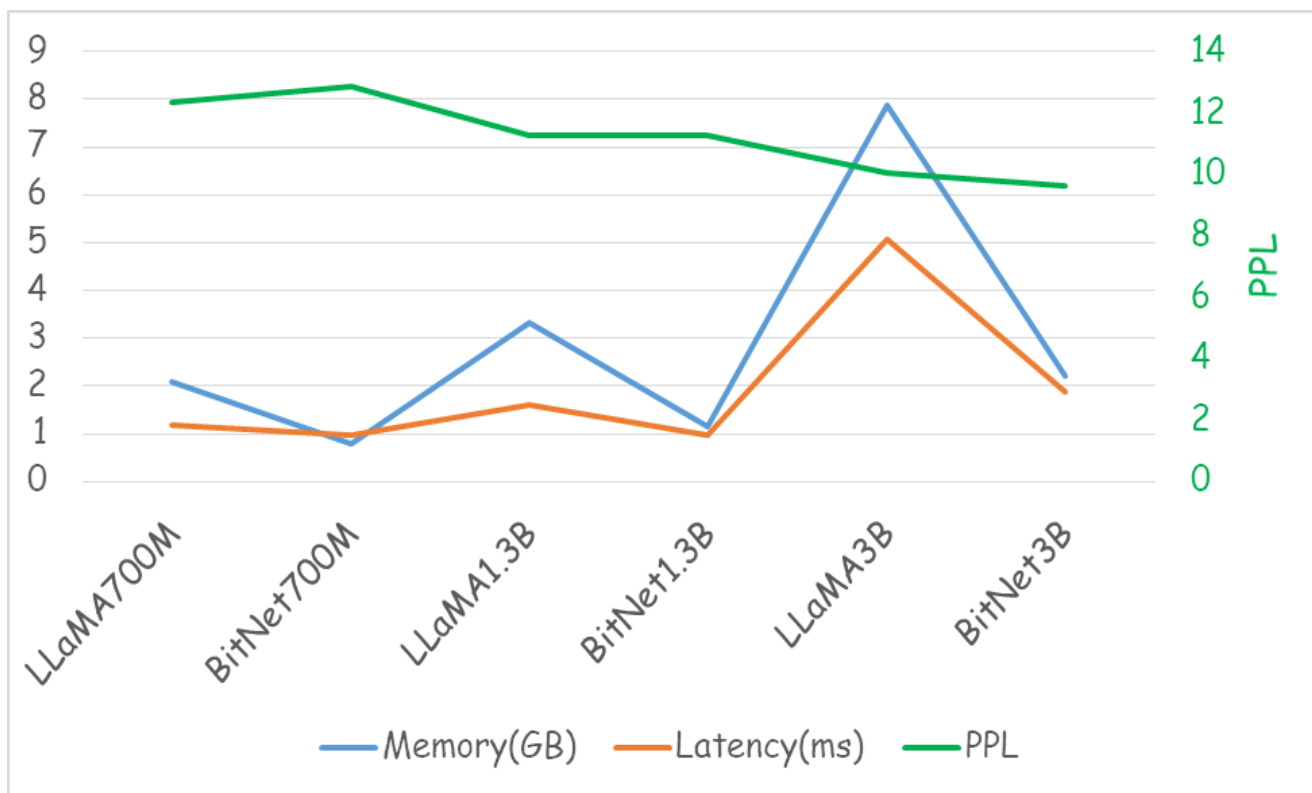


Рисунок 11 – Бенчмарк в виде диаграммы.

Таблица 2 – Бенчмарк в табличном виде.

Модель	Память (Гб) ↓	Время(мс) ↓	PPL ↓
LLaMA700M	2,08	1,18	12,33
BitNet700M	0,8	0,96	12,87
LLaMA1.3B	3,34	1,62	11,25
BitNet1.3B	1,14	0,97	11,29
LLaMA3B	7,89	5,07	10,04
BitNet3B	2,22	1,87	9,91

Библиографический список:

1. Системы счисления / Фомис С.В. // М.: Наука. – 1987. Текст: непосредственный.
2. The Era of 1-bit LLMs: Training Tips, Code and FAQ [Электронный ресурс] – https://github.com/microsoft/unilm/blob/master/bitnet/The-Era-of-1-bit-LLMs_Training_Tips_Code_FAQ.pdf (Дата обращения 02.03.2024).
3. BitNet: Scaling 1-bit Transformers for Large Language Models [Электронный ресурс] – <https://arxiv.org/pdf/2310.11453.pdf> (Дата обращения 02.03.2024).

Компьютерные технологии для организации виртуального музея

Климова Ю. И.

Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Распространение интернета, баз данных и мультимедийных технологий привело к появлению виртуальных музеев в области искусства и культуры в цифровом пространстве. Этот новый формат музеев начал появляться в 90-х годах прошлого века и продолжает активно развиваться.

Основная цель виртуальных музеев совпадает с целью обычных музеев - образование и ознакомление общества с историей и культурным наследием человечества.

Виртуальные музеи играют значительную роль для специалистов в области культурологии, искусства и истории, так как обеспечивают постоянный доступ к произведениям искусства, находящимся в разных уголках мира.

Музеи в интернете имеют ряд преимуществ перед обычными музеями:

Виртуальный музей работает круглые сутки по выходным, праздникам, и воспользоваться им можно абсолютно бесплатно.

Нет очередей за билетами, а время посещения не ограничено. Выставки в виртуальном музее могут длиться годами, а экспонаты сохраняют свое первоначальное состояние и не портятся ни при каких условиях.

В виртуальном музее могут соседствовать экспонаты из разных реально существующих музеев, при этом количество экспонатов не ограничивается объемом помещений и запасников, как это происходит в реальных музеях.

Посетители таких музеев могут совершать виртуальные прогулки по залам музея, знакомиться с его коллекциями, причем в некоторых музеях можно рассмотреть экспонаты со всех сторон при помощи 3D-моделей, а экскурсоводов с успехом заменяют аудиозаписи экскурсий или информационные справки.

Кроме того, некоторые музеи содержат большие объемы дополнительной информации (в том числе фильмы, аудиозаписи, анимации) или ссылки на нее, что позволяет изучить вопрос более детально. [1]

Виртуальные музеи, так же, как и их физические аналоги, хранят культурное наследие, однако в электронной форме. Иногда оцифровка становится единственным способом увидеть оригинал экспоната, поскольку некоторые древние и хрупкие предметы хранятся в запасниках под защитой от повреждений, и посетителям предоставляются лишь их копии. Кроме того, оцифрованный манускрипт можно просмотреть полностью, в то время как в музее посетителям показывают только открытую книгу за стеклом, исключая возможность прочитать другие страницы. Оцифровка также играет ключевую роль в восстановлении и реставрации культурного наследия, пострадавшего от стихийных бедствий, войн или терактов. Это касается не только отдельных предметов, но и целых зданий, парковых комплексов и других значимых историко-культурных памятников.

Итак, понятие «виртуальный музей» в широком смысле имеет два значения:

Представительство реально существующего музея в интернете;

Истинный виртуальный музей, то есть ресурс, который хранит и выставляет на обозрение всех желающих коллекции произведений, материалов и т.д. в музейном пространстве, находящимся исключительно в интернете.

Примером первого варианта может служить Эрмитаж [Виртуальный визит (Эрмитаж)]: на сайте музея представлены все залы, а их более 350. С помощью карты посетители могут перемещаться от одной зоны к другой.

Практически каждый известный музей имеет виртуальные туры по зданиям, обзоры экспонатов, виртуальные экскурсии по отдельным выставкам, то есть электронную версию реально существующего музея или его части. Как правило, виртуальное путешествие можно совершить прямо на официальном сайте музея. Так можно познакомиться с шедеврами

парижского Лувра, нью-йоркского Музея Гуггенхайма, совершить виртуальную прогулку по Музею Джорджа Вашингтона Маунт-Вернон или попасть в Белый Дом.

Глобальный вклад в развитие электронной культуры внесла Академия культуры Google (Google Culture Institute) и ее проект «Google Arts&Culture». Проект стартовал в 2011 году и сейчас он предоставляет доступ к огромному собранию экспонатов из сотен частных коллекций, архивов и музеев, расположенных по всему миру. На сайте существует 3 раздела – «Искусство», «История» и «Чудеса света», что позволяет пользователям не только просматривать цифровые копии великих произведений искусства, но и виртуально посещать знаменитые музеи и исторические памятники, такие как Стоунхендж или египетские пирамиды. Фотопанорамы обзором в 360 градусов сделаны в отличном качестве, что позволяет разглядеть мельчайшие детали, а система фильтров помогает найти необходимый материал по разным критериям – художникам, направлениям, техникам, объектам и даже по основному цвету.

Другой же вариант относится к ситуации, когда виртуальный информационный ресурс не имеет реального аналога, например, Музей Чернобыльской катастрофы [Чернобыльская катастрофа]. [2]

Создание виртуального музея

Прежде чем создавать виртуальный музей, необходимо разработать научную концепцию и провести дизайнерское планирование. Виртуальный музей является не только электронной репликой физического музея, но и его расширением и дополнением, включающим несохраненные объекты, утраченные или измененные, переосмыслением или подачей материалов в новом видении, соответствующем заявленной концепции, вплоть до обеспечения визуального виртуального путешествия во времени и пространстве.

Любой виртуальный музей должен обеспечивать хорошее качество контента (оцифровка, фото- и видеосъемка), информативность выставок (наличие метаданных, информационных и исторических справок, аудиогидов), ориентированность на широкую аудиторию и удобство интерфейса, навигации, а также поиска необходимых данных. [2]

Перечислим те информационные технологии, которые наиболее часто используются в музее (независимо от его профиля):

Базы данных (учет музейных предметов);

Сайты (просветительская деятельность);

Мультимедиа средства на экспозиции, информационные киоски, аудиогиды (экскурсионно-экспозиционная деятельность). [3]

Техническими рекомендациями вводятся три уровня реализации компонентов виртуального музея. Каждый из компонентов виртуального музея может соответствовать различному уровню реализации. Таким образом, некий виртуальный музей в определенный момент времени может иметь неоднородный уровень развития компонентов.

К этим компонентам относят:

механизм презентации экспозиции: решает задачи навигации посетителя по цифровым репликам объектов музейного хранения (экспонатам);

механизм презентации экспоната: решает задачи демонстрации экспоната наиболее адекватным для него образом;

механизм представления дополнительной информации: решает задачи снабжения экспоната или экспозиции дополнительными сведениями;

языковую локализацию;

долю экспозиционных помещений, демонстрируемых в формате виртуального музея, от общего числа экспозиционных помещений музея;

долю объектов музейного фонда, представленных в формате виртуального музея, от общего числа находящихся в экспозиционных помещениях, демонстрируемых в формате виртуального музея;

доступность для людей с ограниченными возможностями.

Технологии визуализации музейных экспозиций

Виртуальные панорамы

Одним из самых успешных методов визуализации музейных выставок является использование виртуальных панорам. Эти панорамы представляют собой фотореалистичный способ показа трехмерного пространства. В отличие от обычной панорамной фотографии, которую можно вставить в рамку или книгу, виртуальные панорамы предназначены для отображения на компьютерном экране. На экране показывается лишь фрагмент панорамы, чьи угловые размеры соответствуют углам обзора человеческого глаза. Для просмотра всей панорамы необходимо плавно перемещаться влево или вправо. Круговая панорама, имеющая угол обзора 360° по горизонтали, позволяет вращаться в любом направлении, что передает ощущение реального пространства. Виртуальные панорамы можно рассматривать как модель реального мира, простой и доступный вариант в рамках понятия "виртуальная реальность". Управляя клавишами или мышью, можно вращать вид, увеличивать или уменьшать объекты, а также рассматривать картину под разными углами. Такая интерактивность виртуальных музеев создает ощущение присутствия, что дает виртуальным панорамам значительное преимущество в сравнении с другими методами визуализации.

Виртуальные экскурсии

Также одной из ключевых форм информационной передачи, используемой в современных виртуальных музеях, является технология виртуальных экскурсий, представляющих собой комплекс нескольких виртуальных панорам. Виртуальная экскурсия может содержать анимированные элементы, звуковое сопровождение и другие мультимедийные компоненты, что способствует целостному восприятию панорам и создает иллюзию присутствия в музейных залах у виртуального посетителя.

Виртуальные экскурсии по музеям и выставкам позволяют совершить предварительный осмотр и привлечь заинтересовавшихся к более глубокому и уже реальному знакомству с представленным в музее историческим материалом. Виртуальная экскурсия может быть создана на основе как материала, полученного в результате реальной фотосъемки, так и смоделированного 3D-пространства или их комбинации. В настоящее время технология виртуальных экскурсий активно используется для визуализации пространства, и вопрос целесообразности их разработки требует особого внимания. В виртуальных экскурсиях существуют серьезные ограничения на проведение таких операций, как поиск информации, ее фильтрация, систематизация объектов по различным признакам, выборка больших объемов данных. Это ставит под сомнение эффективность виртуальных экскурсий при отображении больших объемов информации. Необходимо помнить, что в основе виртуальных экскурсий лежит визуализация пространства, соответственно, первоочередной целью является его демонстрация. Следовательно, применение технологии виртуальных туров уместно прежде всего там, где первоочередной интерес для пользователя (научный и эстетический) представляет само пространство со всей совокупностью помещенных в него объектов. [2]

Правила организации музея

Что же касается четких правил организации виртуальных музеев, то, например, в России в 2014 г. Министерство культуры РФ выпустило «Технические рекомендации по созданию виртуальных музеев». В основном они относятся к представительствам реальных музеев в интернете, но некоторые из этих рекомендаций могут быть использованы и при создании музея, базирующегося исключительно в виртуальном пространстве. Так, рекомендации устанавливают минимально допустимое разрешение фотографий по короткой стороне 800-2000 пикселей, формат кодирования JPEG или JPEG-2000, для панорамных фото угол обзора по горизонтальной оси должен составлять 360 градусов и по вертикальной оси — 180 градусов, рекомендуется использовать интеграцию с соцсетями и так далее. Итогом создания виртуального музея должен стать информационно-образовательный ресурс, который хранит в себе историко-культурное наследие и презентует его посетителям в отличном качестве. [1]

В завершение можно отметить, что виртуальные музеи и цифровое культурное наследие становятся все более значимыми, и не исключено, что в будущем они станут отдельным видом искусства, подобно кино или компьютерным играм. Новейшие технологии, такие как виртуальная и дополненная реальность, панорамы, в скором времени позволят сделать посещение виртуального музея практически неразличимым от посещения реального.

Библиографический список:

1. Виртуальные музеи мира. URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/virtualnye-muzei-mira>
2. Виртуальный музей: понятие, инструменты работы, перспективы использования. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117205/1/dais_2022_22_003.pdf
3. Виртуальный музей: реальность и перспективы. URL: <https://ideasformuseums.com/blog/virtualmuseums2010/>

УДК 008

Влияние распределения бюджетных мест на региональное развитие: анализ оставшихся после обучения специалистов

Соловьев С. Е.

Научный руководитель – Шпаковский Д. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Влияние распределения бюджетных мест на региональное развитие является на сегодняшний день одной из важнейших проблем в сфере образования. Каждый год тысячи студентов получают образование за счет государства, и после окончания обучения многие из них остаются работать в регионах, где учились. Однако, не всегда распределение бюджетных мест соответствует потребностям регионов, что может привести к неравномерному развитию и недостатку квалифицированных специалистов.

Согласно данным Министерства образования и науки Российской Федерации, в разных регионах страны наблюдается неравномерность в распределении бюджетных мест. Например, в Москве и Санкт-Петербурге количество бюджетных мест на одного абитуриента значительно выше, чем в отдаленных сельских районах. Это может привести к тому, что высококвалифицированные специалисты останутся работать в крупных городах, не возвращаясь в свои родные места.

Каковы последствия такого неравномерного распределения бюджетных мест? Во-первых, это может привести к дефициту кадров в отдаленных регионах, где специалисты не хотят работать из-за низкой оплаты или отсутствия перспектив. В результате, регионы могут столкнуться с проблемами в развитии инфраструктуры, здравоохранения, образования и других сферах.

Чтобы понять, какое влияние оказывают оставшиеся после обучения специалисты на региональное развитие, необходимо провести анализ их дальнейшей карьеры. Исследования показывают, что многие выпускники университетов остаются работать в том регионе, где учились, если им предоставляют достойные условия труда и жизни. Таким образом, правильное распределение бюджетных мест может способствовать удержанию квалифицированных специалистов в регионах и их активному участию в развитии местного сообщества.

Например, если государство будет выделять дополнительные бюджетные места для обучения студентов в отдаленных регионах с низким уровнем развития, это может привлечь больше талантливых молодых людей в эти места. После окончания обучения они смогут применить свои знания и навыки на практике, способствуя развитию экономики и социальной сферы региона. Такой подход позволит сократить разрыв между развитыми и отстающими по развитию технологиями регионами и повысить жизненный уровень населения.

Кроме того, важно учитывать не только количество бюджетных мест, но и их распределение по направлениям образования. Например, если в определенном регионе не хватает специалистов в сфере здравоохранения или информационных технологий, необходимо предоставить больше бюджетных мест для этих направлений. Это поможет удовлетворить потребности регионального рынка труда и создать благоприятные условия для развития экономики. Также необходимо учитывать потенциал регионов для развития определенных отраслей и направлений.

Правильное распределение бюджетных мест и обеспечение поддержки выпускникам являются ключевыми аспектами для того, чтобы специалисты, обученные в учебных заведениях, могли эффективно внедрять свои знания и навыки в региональную экономику. Поддержка активности выпускников, обеспечение доступа к финансовым ресурсам для запуска собственных проектов, а также создание благоприятной инфраструктуры для развития могут способствовать успешной интеграции молодых специалистов на рынок труда и их влиянию на региональное развитие.

Демографические особенности региона могут существенно влиять на потребности в специалистах и направлениях образования. Например, в регионах с высоким уровнем индустриализации может быть большой спрос на инженеров и технических специалистов, в то время как в туристических регионах может быть актуальным развитие сервисных отраслей. Учитывая демографические особенности и потенциалы региона, учебные заведения могут адаптировать свои образовательные программы и направления под конкретные потребности регионального рынка труда, что способствует эффективному использованию бюджетных мест и успешной интеграции выпускников в экономику региона.

Как пример можно рассмотреть «Ухтинский государственный технологический университет», имеющий нефтяное направление. В данном учреждении образовательные программы и направления ориентируются под конкретные потребности нефтяной промышленности региона. Обучение специалистов в области нефтегазовой промышленности в данном университете может быть ключевым фактором для подготовки квалифицированных кадров, способных эффективно работать в этой отрасли и внедрять инновационные технологии. Поддержка студентов и выпускников, ориентированная на их успешную интеграцию на рынок труда и влияние на развитие нефтяной отрасли региона, может способствовать устойчивому развитию как университета, так и региона в целом.

Возможность трудоустройства выпускников в регионе может быть ограничена не только их желанием, но и внешними факторами, такими как неразвитая инфраструктура, недостаточное количество рабочих мест или низкий уровень заработной платы.

Неразвитая инфраструктура в регионе может затруднить создание новых предприятий или привлечение инвестиций, что в свою очередь сказывается на спросе на квалифицированных специалистов. Недостаточное количество рабочих мест также может ограничить возможности для трудоустройства выпускников, особенно в специализированных отраслях, где спрос на специалистов может быть ограничен.

Низкий уровень заработной платы также является значительным фактором, который может отпугнуть выпускников от работы в регионе. Невозможность обеспечить себе достойный уровень жизни может стать серьезным препятствием для привлечения квалифицированных специалистов на работу в регионе.

В таких случаях выпускники могут стремиться к работе в других регионах или за границей, где условия труда и заработной платы более привлекательны. Для университетов, подобных УГТУ, это означает необходимость обеспечения студентов не только качественным образованием, но и информацией о возможностях трудоустройства за пределами региона и поддержкой в поиске работы в других местах.

Программы стажировок и партнерские проекты играют важную роль в подготовке студентов к будущей работе. Студенты могут применять свои знания на практике, работая над реальными проектами совместно с опытными специалистами из бизнеса. Такой опыт не только расширяет профессиональные навыки студентов, но и помогает им понять особенности работы в конкретной отрасли и на конкретном предприятии.

Благодаря активной деятельности университета по сотрудничеству с работодателями, выпускники УГТУ имеют хорошие шансы на успешное трудоустройство в регионе. Установление тесных связей между университетом и бизнес-сообществом способствует созданию благоприятной среды для профессионального роста студентов и выпускников. Ещё одним важным аспектом является качество образования. Необходимо обеспечить студентам качественное обучение, которое соответствует современным требованиям рынка труда. Только такие специалисты смогут успешно конкурировать на рынке труда и вносить свой вклад в развитие регионов. Поэтому важно не только распределять бюджетные места, но и обеспечивать качественное образование.

Для того чтобы оставшиеся после обучения специалисты могли полностью реализовать свой потенциал и внести вклад в развитие регионов, необходима система поддержки и стимулирования. Это может быть предоставление льгот или субсидий для предпринимательской деятельности, организация курсов повышения квалификации или поддержка при поиске работы. Такие меры помогут специалистам адаптироваться к новым условиям и успешно интегрироваться в региональные экономики.

В целом, влияние распределения бюджетных мест на региональное развитие является сложной и многогранной проблемой. Для достижения устойчивого развития необходимо учитывать потребности рынка труда, качество образования и потенциал регионов. Только таким образом можно обеспечить эффективное использование человеческого капитала и создать благоприятные условия для развития всех регионов страны.

Библиографический список:

1. Министерство финансов Российской Федерации // Министерство финансов Российской Федерации URL: www.minfin.ru (дата обращения: 07.04.2024)
2. Федеральная служба государственной статистики // Федеральная служба государственной статистики URL: www.gks.ru (дата обращения: 04.04.2024)
3. Экономическая школа НИУ ВШЭ // Статья "Бюджетное федерализм в России: проблемы и перспективы" URL: https://economics.hse.ru/data/2017/06/22/1163440117/ES_2017_18.pdf (дата обращения: 02.04.2024)
4. Журнал "Финансы и кредит" // Статья "Бюджетные отношения субъектов Российской Федерации" URL: <https://www.fin-izdat.com/journal/fc/detail.php?ID=73504> (дата обращения: 07.04.2024)
5. Журнал "Проблемы теории и практики управления" // Статья "Бюджетные отношения между центром и регионами" URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/byudzhetye-otnosheniya-mezhdu-tsentrom-i-regionami> (дата обращения: 07.04.2024)

УДК 004.891: 519.673

Программа для оценки объектов методом анализа иерархий

Мадебейкин А. А.

Научный руководитель – Смирнов Ю. Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В жизни постоянно приходится делать выбор между несколькими вариантами. Выборы встречаются как в повседневной жизни (например, покупка нового телефона), так и в рабочей среде (выбор главного менеджера в компании). Причём: в каждом варианте могут быть свои преимущества и недостатки. Для этого существует множество решений, позволяющие оценить рассматриваемые объекты и сделать подходящий выбор. Но если при выборе надо учитывать не только особенности объектов, но и ещё приоритетность их свойств? Для такого рода задач тоже существуют решения, одним из которых является метод анализа иерархий.

Цель и задачи

Цель данного доклада является разработка и показ программы, которая оценивает объекты с помощью метода анализа иерархий (МАИ). Для этого были поставлены следующие задачи:

- Изучить принцип работы МАИ
- Выбрать инструментарий для разработки программы
- Написать программу, которая будет определять оптимальные решение с помощью МАИ
- Добавить возможность сохранить результат вычислений, а также шаблон для будущего сравнения объектов

Метод анализа иерархий (МАИ)

Для начала надо объяснить: что из себя представляет данный метод. МАИ – это математический метод, с помощью которого можно проводить многокритериальный анализ объектов с учётом предпочтений по каждому из свойств. Данный метод не подразумевает нахождение «правильного» решения, а предлагает найти такой вариант, который будет согласовываться с каждым предпочтением лица, принимающего решение (ЛПР). Данный метод был разработан американским математиком Томасом Лори Саати в 1970 году. Также, МАИ выделяется своей универсальностью в применении, из-за чего он получил широкое распространение в управленчестве. Метод анализа иерархий подразумевает 6 этапов. А именно:

1. Выделение проблемы и цели
2. Выделение основных объектов и свойств
3. Построение дерева иерархий, в котором вершина – это цель, ветви – это свойства и листья – это объекты (Рисунок 12)
4. Построение матрицы сравнения свойств по цели и объектов по свойствам
5. Использование методики анализа данных матриц
6. Определение веса для каждого объекта по системе иерархий.

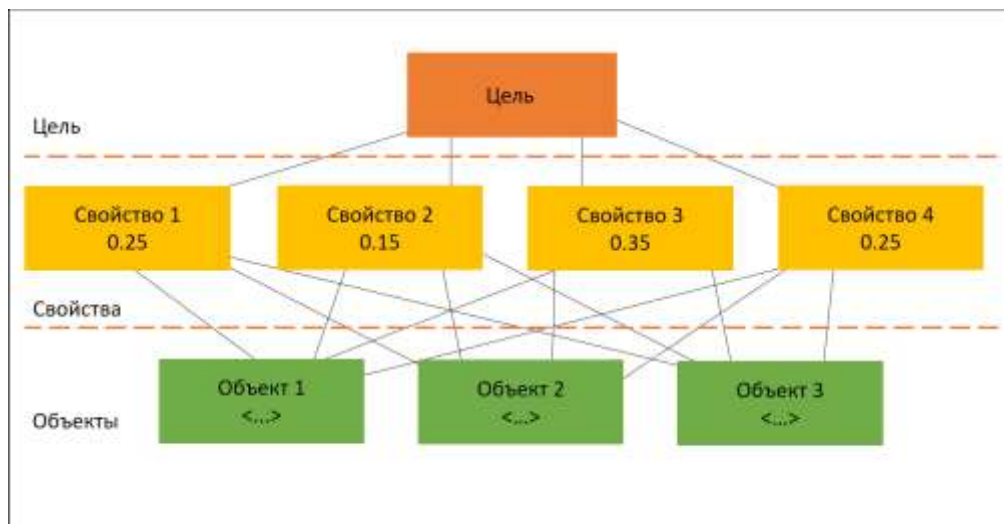


Рисунок 12 – Дерево иерархий.

Первые три этапа исполняет сам пользователь. А остальные этапы будут выполняться в программе.

На четвёртом этапе от пользователя требуется, чтобы он заполнил матрицу оценивания. В качестве оценивания между собой свойств и объектов в матрице применяются следующие значения

Оценка*	Определение
1	Равное предпочтение
3 или $\frac{1}{3}^{**}$	Слабое предпочтение/пренебрежение
5 или $\frac{1}{5}^{**}$	Заметное предпочтение/пренебрежение
7 или $\frac{1}{7}^{**}$	Сильное предпочтение/пренебрежение
9 или $\frac{1}{9}^{**}$	Абсолютное предпочтение/пренебрежение

* Также можно использовать промежуточные оценки 2, 4, 6 и 8

** Дробь обозначает пренебрежение свойства/объекта по сравнению с другим объектом/свойством.

Программа для решение задач методом анализа иерархий (МАИ)

Для того, чтобы облегчить вычисление, была разработана программа. С её помощью можно упростить выполнение последних двух этапов до нажатия одной кнопки. Для разработки данной программы были использованы следующие технологии:

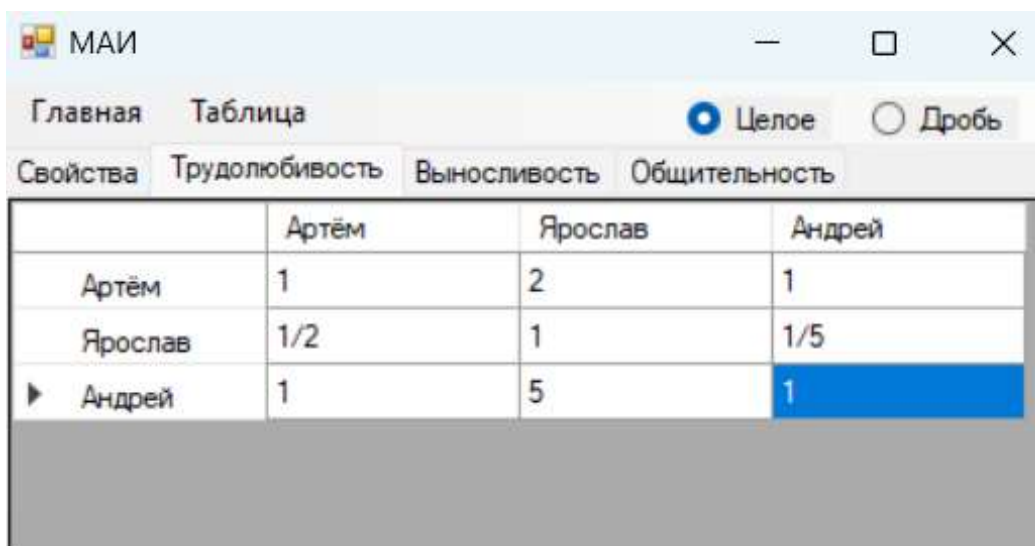
Среда разработки: Visual Studio 2022: Данная среда разработки обладает мощной поддержкой навигации и рефакторинга кода, с помощью которой писать код получается в разы быстрее.

Язык программирования: C#: Этот язык программирования является одним из самых популярных за счёт своего компактного и легко читаемого кода, при этом не теряя в функциональности языка.

Фреймворк: .NET Framework: В данном фреймворке уже есть готовые компоненты, с помощью которых можно быстро реализовать интерфейс, а также определить события взаимодействия с интерфейсом. Ещё, в Visual Studio 2022 (Также, как и в предыдущих версиях) при создании макета интерфейса можно увидеть то, как созданный интерфейс будет выглядеть при его вызове.

Также, для того чтобы можно было сохранять и загружать информацию об объектах и свойствах была использована библиотека *ClosedXML*.

Опишем принцип работы программы: В самом начале пользователь видит перед собой интерфейс, представленный на рисунке 2. На данном интерфейсе есть верхнее меню, с помощью которого можно добавить/удалить информацию об объектах и свойствах, определить вес объектов, а также возможность сохранить/загрузить информацию об объектах и свойствах с учётом их приоритетности с XLSX файла. Основную часть интерфейса занимает элемент, в котором изображается матрица приоритетности свойств и объектов. Для того, чтобы можно было записывать значения приоритетности свойств/объектов есть элементы «Целое» и «Дробь», с помощью которых вписывается информация о приоритетности/пренебрежительности свойства или объекта по сравнению с другим. Название строки обозначает сравниваемый объект/свойство, а столбик – с чем они сравниваются

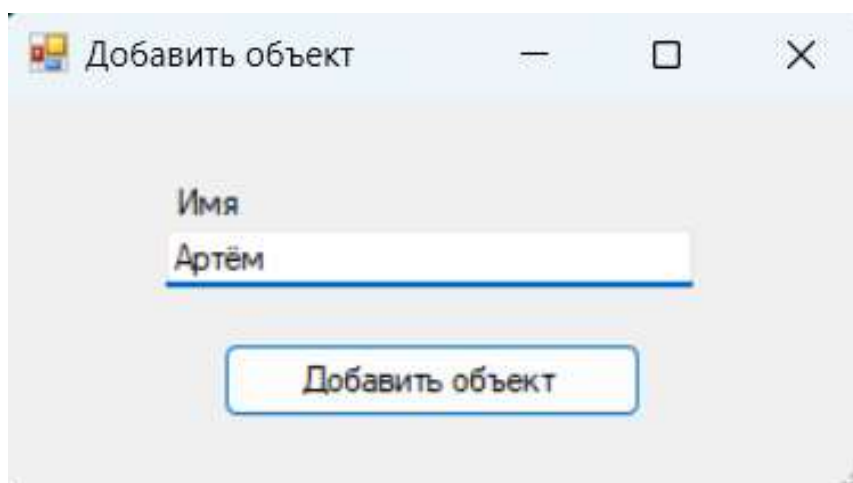


The screenshot shows a window titled 'МАИ' with a menu bar containing 'Главная' and 'Таблица'. Below the menu bar are radio buttons for 'Целое' (selected) and 'Дробь'. A tabbed interface shows 'Свойства' selected, with sub-tabs for 'Трудолюбивость', 'Выносливость', and 'Общительность'. The main area contains a table with the following data:

	Артём	Ярослав	Андрей
Артём	1	2	1
Ярослав	1/2	1	1/5
▶ Андрей	1	5	1

Рисунок 13 – Основной интерфейс программы.

Чтобы добавить объект или свойство в программу, требуется пройти по пути *Таблица* → *Добавить свойство* или *Таблица* → *Добавить объект* в зависимости от того, чего пользователь хочет добавить. Перед ним появится окно, которое представлено на рисунке 3 (Для примера взят рисунок добавления объекта). От пользователя требуется лишь написать название свойства/объекта в поле «Имя» и нажать кнопку «Добавить объект» или «Добавить свойство». В зависимости от того, чего добавил пользователь, на главной форме будет добавляться новая информация: так при добавлении свойства его информация будет занесена во вкладку «Свойства» в виде нового столбика и столбца в матрице, а также будет создана новая вкладка с матрицей сравнения по всем имеющимся объектам; при добавлении информации об объекте, информация о нём будет занесена во все имеющиеся матрицы в виде новой строки и столбца сравнения, за исключением матрицы сравнения «Свойства».



The screenshot shows a dialog window titled 'Добавить объект'. It contains a text input field labeled 'Имя' with the value 'Артём' entered. Below the input field is a button labeled 'Добавить объект'.

Рисунок 14 – Окно добавление объектов.

Чтобы удалить объект или свойство в программу, требуется пройти по пути *Таблица* → *Удалить свойство* или *Таблица* → *Удалить объект* соответственно. Внешний вид представлен на рисунке 4. Далее требуется выбрать из списка соответствующую строку и нажать кнопку «Удалить». После нажатия вся информация, которая была добавлена до этого об объекте/свойстве (включая вкладки с матрицами и их оценки) будет удалена из программы.

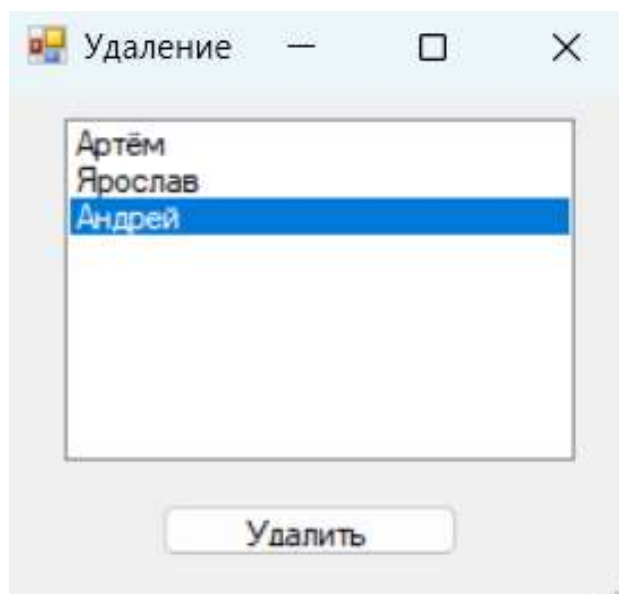


Рисунок 15 – Окно удаление объектов.

После того как будут определены все объекты, свойства и их оценки, пользователю необходимо нажать на кнопку *Главная* → *Определить вес объектов*. Как только программа решит данную задачу, у пользователя появится меню с результатом выполнения программы, который можно сохранить в виде текстового файла (Рисунок 16).

Также, для упрощения дальнейших вычислений, пользователю предоставлена возможность сохранения и загрузки всей имеющейся информации об объектах и свойствах при помощи файла таблиц XLSX. Это делается с помощью кнопок *Главная* → *Сохранить таблицу* и *Главная* → *Загрузить таблицу* соответственно. Результат сохранения матрицы представлен на рисунке 6.

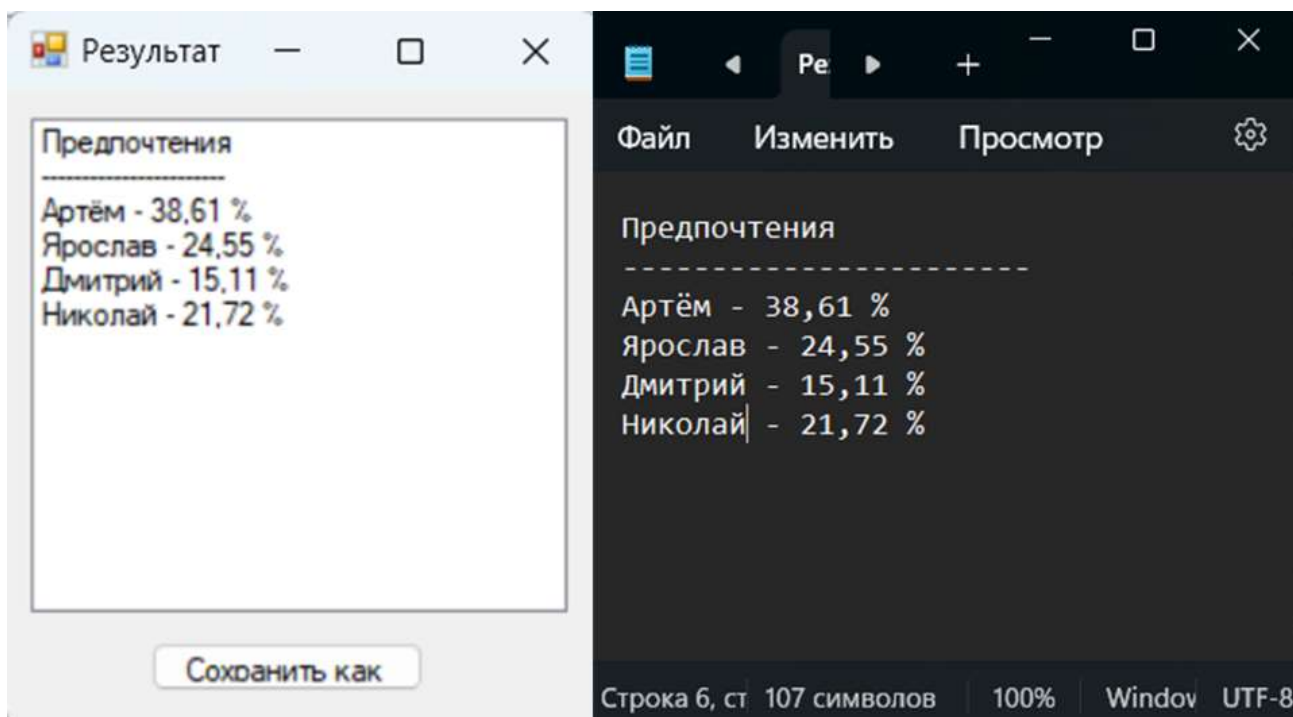


Рисунок 16 – Результат «Определения весов объектов».

	A	B	C	D	E
1		Артём	Ярослав	Дмитрий	Николай
2	Артём	1,000	2,000	4,000	2,000
3	Ярослав	0,500	1,000	2,000	1,000
4	Дмитрий	0,250	0,500	1,000	0,500
5	Николай	0,500	1,000	2,000	1,000
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Рисунок 17 – Результат сохранения таблиц.

Перспективы применения

В качестве перспектив применения, помимо вышеперечисленных примеров, можно рассмотреть следующие варианты[2]:

- Распределение ресурсов – Хероx, используя МАИ, распределяла около 1 млрд долларов на исследовательские проекты
- Анализ экономических решений – Профессор Виктор Адамус с помощью МАИ анализировал решение перехода Польши на Евро и в 2007 году убедил премьер-министра отложить данную идею на несколько лет.
- Решение некоторых политических вопросов – Для разрешения конфликта между США и Китаем в 1995 году по вопросу прав интеллектуальной собственности также применялся МАИ. Анализ выгод, рисков и издержек показал, что для США самая выгодная позиция заключается в отказе ввода санкций в сторону Китая. После принятия выгодной позиции, также, США предоставила Китаю статус благоприятного торгового партнера.

Итог

Подводя итоги, в данной работе я успел рассказать вам про метод анализа иерархий и про его работу, успел продемонстрировать программу, с помощью которой можно решать задачи, основанные на МАИ, а также приобрёл опыт работы с использованными инструментами разработки.

Библиографический список:

1. Т. Л. Саати Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений [Текст] / Т. Л. Саати // Cloud of Science. — 2015. — Т. 2. — № 1. — С. 5-39.
2. Метод анализа иерархий / [Электронный ресурс] // Википедия : [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_анализа_иерархий (дата обращения: 08.04.2024).
3. Малыгин В. И. Математическое моделирование экономики [Текст] / Малыгин В. И. — 2-е издание, исправленное и дополненное.. — : Ленанд, 2014 — 216 с.

Программа общего оценивания объектов при помощи функции желательности Харрингтона

Суханов А. А.

Научный руководитель - Смирнов Ю. Г.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В нашей жизни нет вещей, которых мы бы не смогли охарактеризовать. Что бы это ни было мы всегда сможем дать этому какую-либо характеристику.

Множество вещей имеют качества, которые нам не сложно обобщить и дать по ним общую оценку. Однако есть вещи и такие, что нам по ним, в силу человеческих возможностей, сложно или невозможно дать общую оценку, так как приходится учитывать множество критериев, имеющие разные размерности и значения.

Поэтому была поставлена цель – разработать программу вычисления общей оценки исследуемых объектов

Инструменты разработки

Для разработки программы использовались следующие инструменты:

- Visual Studio: линейка продуктов компании Microsoft, включающих интегрированную среду разработки (IDE) программного обеспечения и ряд других инструментов. Данный продукт позволяют разрабатывать как консольные приложения, так и игры и приложения с графическим интерфейсом;
- Framework .NET - это готовый набор инструментов от Microsoft, который позволяет использовать одни и те же пространства имён, библиотеки и API для разных языков;
- Объектно-ориентированный язык программирования C#

Функция желательности Харрингтона

Одним из эффективных приемов объединения информативных показателей, характеризующие объект, в некий общий показатель является предварительное их преобразование в безразмерные показатели с последующей аддитивной или мультипликативной сверткой. Для преобразования набора информативных показателей в обобщенный может быть с успехом применена так называемая функция желательности Харрингтона [2].

При установлении границы допустимых значений следует иметь в виду, что ограничения могут устанавливаться односторонние (1) или двусторонние (2). Односторонние ограничения устанавливаются, если улучшение функции желательности происходит только при однонаправленном изменении показателя (уменьшении или увеличении). Односторонние ограничения обозначаются в виде $y_i \leq y_{max}$ или $y_i \geq y_{min}$, двусторонние — в виде $y_{min} \leq y_i \leq y_{max}$ [1].

$$d = e^{-e^{-y'}} \quad (1)$$

$$d = e^{-|y'|^n} \quad (2)$$

При применении функции желательности, представленной формулой (1), перевод размерных (натуральных) показателей (y) в безразмерные (y') при линейной зависимости между ними производят по формуле:

$$y' = a_0 + ya_1 \quad (3)$$

где a_0 и a_1 – коэффициенты линейной функции, y – размерный показатель, y' – безразмерный показатель.

Прологарифмировав дважды уравнение (1), получаем:

$$y' = \ln\left(\frac{1}{\ln\left(\frac{1}{d}\right)}\right) \quad (4)$$

Подставляя значения y' в уравнение, получаем:

$$a_0 + ya_1 = \ln\left(\frac{1}{\ln\left(\frac{1}{d}\right)}\right) \quad (5)$$

Составляем систему уравнений для известных значений [3]:

$$\begin{cases} a_0 + y_1 a_1 = \ln\left(\frac{1}{\ln\left(\frac{1}{d_1}\right)}\right) \\ a_0 + y_2 a_1 = \ln\left(\frac{1}{\ln\left(\frac{1}{d_2}\right)}\right) \end{cases} \quad (6)$$

Если функция желательности определяется по формуле (2), то значение параметра y' можно определить по формуле:

$$y' = \frac{2y - (y_{max} + y_{min})}{(y_{max} - y_{min})} \quad (7)$$

Показатель степени n можно определить по формуле (8), предварительно присвоив некоторому значению параметра y желательность d (лучше уровня «хорошо» или «очень хорошо» по шкале желательности)

$$n = \frac{\ln\left(\ln\left(\frac{1}{d}\right)\right)}{\ln|y'|} \quad (8)$$

Графики функции желательности Харрингтона с односторонним ограничением и с двусторонним ограничением приведены на рисунке 1. Кривая функции желательности демонстрирует, что в областях желательностей, близких к 0 или 1, ее «чувствительность» гораздо ниже, чем в средней зоне графика.

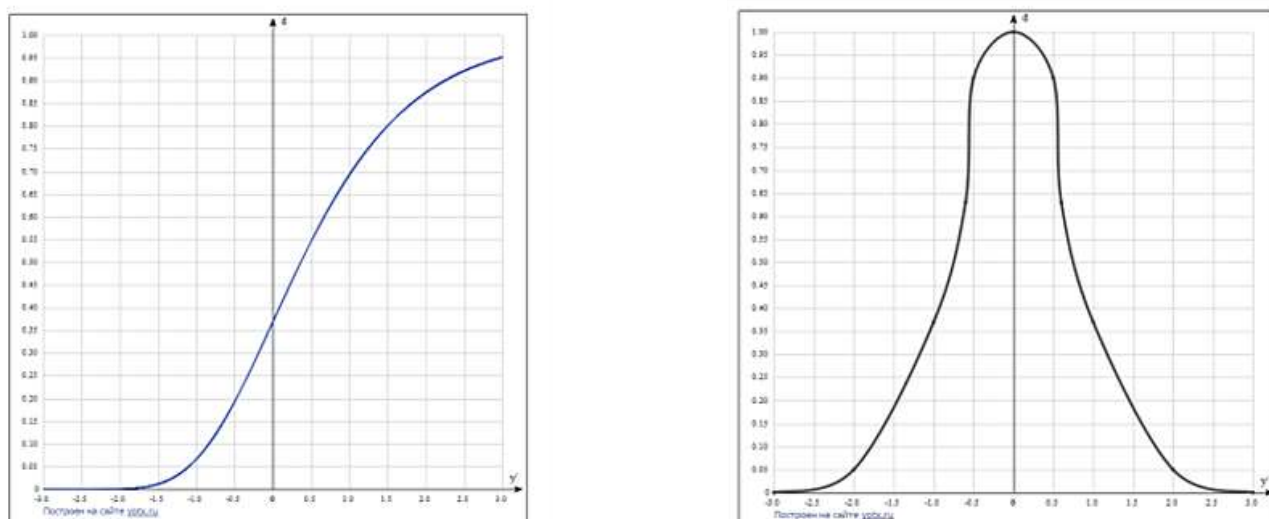


Рисунок 18 – Графики функции желательности с односторонним и двусторонним ограничениями.

Обобщенный критерий D (обобщенную функцию желательности), определяемый как среднее геометрическое частных желательностей. Для обобщенного показателя используется та же шкала предпочтительности, что и для частных параметров оптимизации.

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \dots \cdot d_i \cdot \dots \cdot d_n} \quad (9)$$

Для получения шкалы желательности удобно использовать разработанную таблицу соответствий между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой (психологической) системах. Однако значения по шкале желательности не являются строго обязательными [1].

Таблица 3 – Числовые интервалы функции Харрингтона.

Лингвистическая оценка	Интервалы функции желательности
Очень хорошо	1,00-0,80
Хорошо	0,80-0,63
Удовлетворительно	0,63-0,37
Плохо	0,37-0,20
Очень плохо	0,20-0,00

Задача

Для примера работы программы взята задача с вычислением общей оценки двух видеокарт: KFA2 GeForce RTX 4060 X, Видеокарта ASUS GeForce RTX 4060 Ti Dual OC Edition. Они будут объектами исследования.

За ограничения будут введены характеристики видеокарт: Palit GeForce RTX 4090 GameRock OC – максимальные характеристики, MSI GeForce 210 – минимальные характеристики.

Всего будет добавлено для сравнения 13 характеристик: штатная частота (МГц), турбо частота (МГц), количество универсальных процессоров, число блоков растеризации, число текстурных блоков, тензорные ядра, объём видеопамяти (Гб), эффективная частота памяти (МГц), максимальная пропускная способность (Гб/с), цена (руб.), техпроцесс (нм), оптимальное энергопотребление (по блоку питания в Вт), размер шины (бит). За

Дальше показана пошаговое использование разработанной программы для вычисления оценки исследуемых объектов.

Работа программы

Запускаем программу и появляется главное окно. Нажимаем кнопку «сделать расчёт» и добавляем 2 объекта исследования, обговоренных ранее.

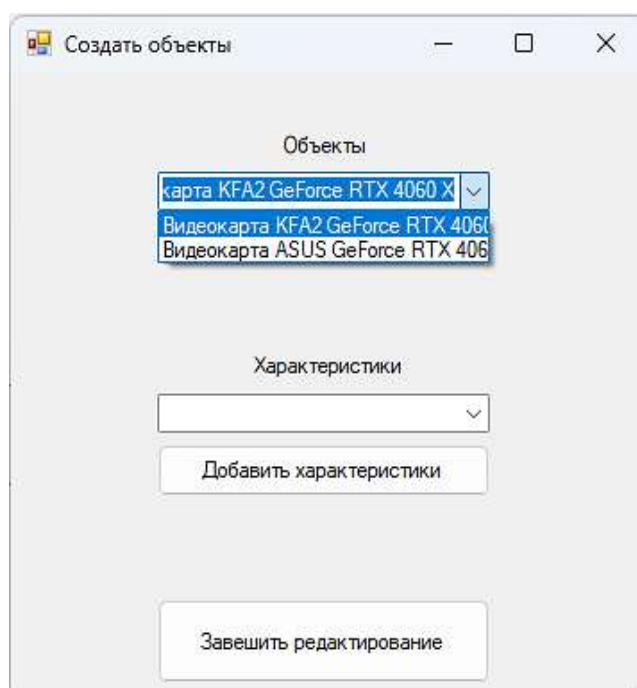


Рисунок 19 – Окно добавления объектов.

Нажимаем добавить характеристики с выбранным объектом и заполняем таблицу значениями. Такая же операция производится и для второго объекта.

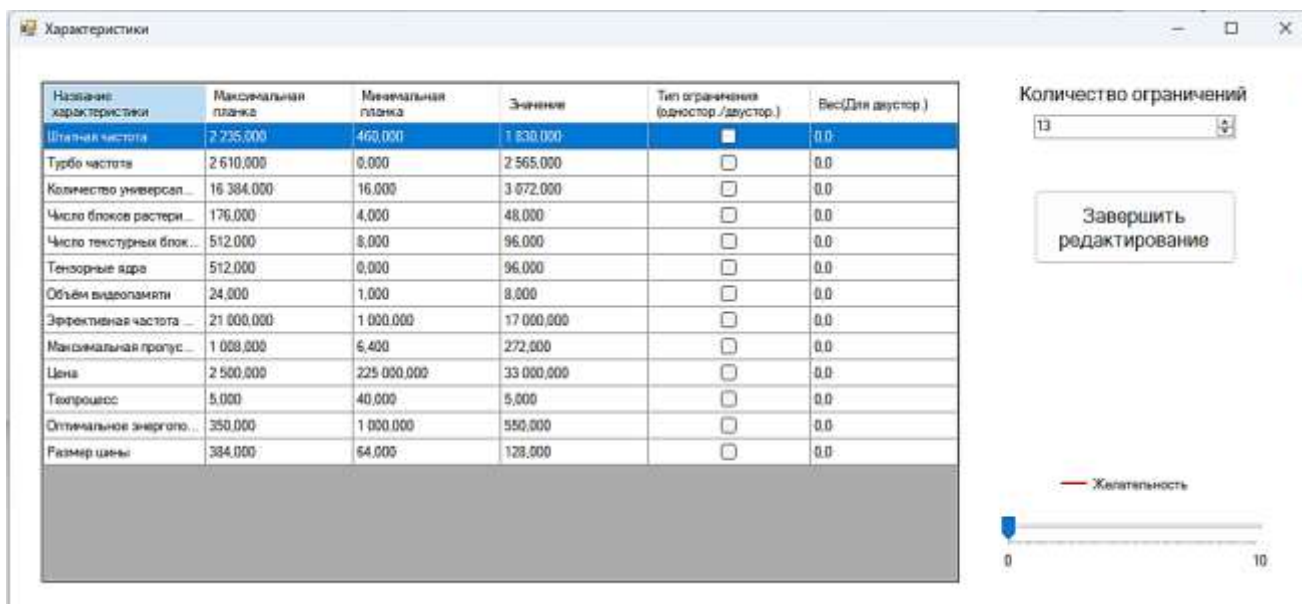


Рисунок 20 – Окно добавления характеристик объекту.

Как видно по результатам работы программы, первая видеокарта отстаёт по характеристикам от второй. Однако общая качественная характеристика обеих видеокарт оказалась выше уровня «Удовлетворительно».

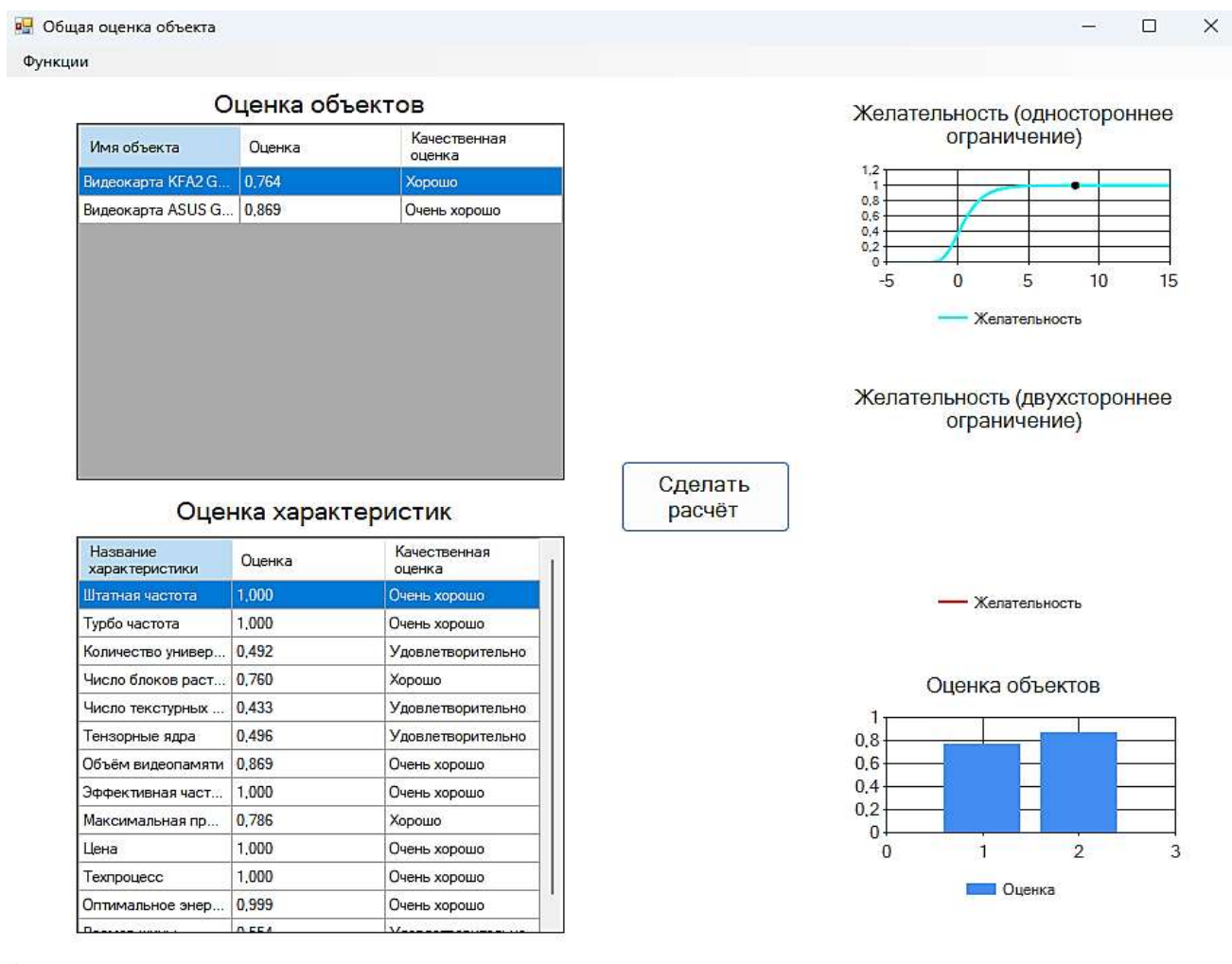


Рисунок 21 – Главное окно с результатом работы программы.

На главном окне есть функции записи в файл, загрузки данных из файла и показ справки по значениям функции Харрингтона.

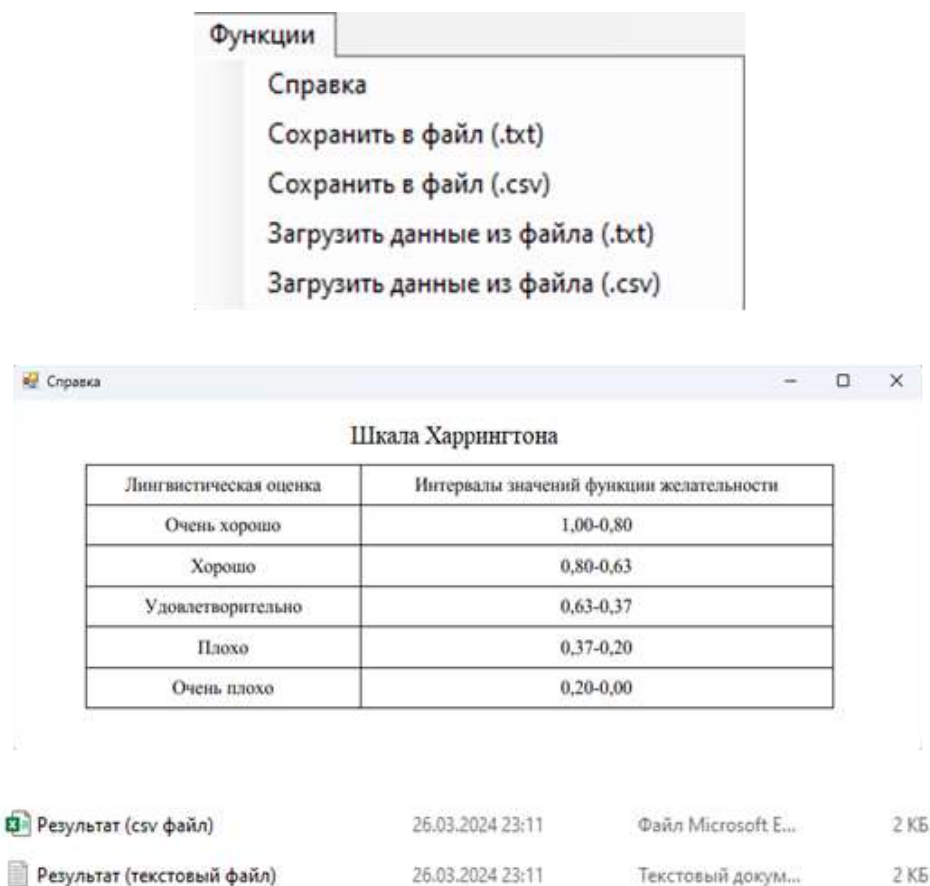


Рисунок 22 – Дополнительный функционал.

Итоги

Можно предположить, что данную программу можно использовать во многих сферах жизни, например:

- Техносферная безопасность
- В оценке эффективности систем
- Медицинские обследования
- В системах поддержки принятия решений (СППР)
- В оценке рисков в широком спектре задач и т.д.

Как итоги данной работы:

- Был объяснён принцип работы функции желательности Харрингтона;
- Создана и показана программа, реализующая функцию желательности Харрингтона;
- Получен опыт в работе с использованными инструментами разработки.

Библиографический список:

1. Юсупова Г.Ф. Использование функции желательности в оценке уровня техносферной безопасности территории. – 2017. С.3-8. URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F559586721/Jusupova.G.F..pdf> (дата обращения 07.04.2024).
2. Смирнов Ю.Г. О применении функции желательности Харрингтона для оценки эффективности автоматизированных систем / Ю.Г. Смирнов // Управление устойчивым развитием топливно-энергетического комплекса – 2021. – Ухта, 2022. – С. 139-142.
3. Сосюкин А.Е. Практические аспекты использования функции желательности при проведении психофизиологического обследования персонала аварийно-спасательных формирований / Сосюкин А.Е., Верведа А.Б. // Профилактическая медицина. – Санкт-Петербург, 2015. – Т. 16: С. 872-884.

Современные методы неразрушающего контроля состояния магистральных газонефтепроводов с использованием компьютерных технологий

Денисов С. А.

Научный руководитель – Чувашов А. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Трубопроводный транспорт является основным путем перемещения углеводородов от месторождений в необходимые точки доставки. Своевременная и качественная диагностика состояния газонефтепроводов является одним из ключевых условий его безаварийного функционирования. В настоящее время самым популярным видом диагностики трубопроводов является неразрушающий контроль (дефектоскопия). Методы дефектоскопии получили широкое развитие, направленное на использование в них современных компьютерных технологий. В данной работе рассмотрены основные виды повреждений трубопроводов и их причины, а также изучены современные методы дефектоскопии, базирующиеся на современных компьютерных технологиях.

В течение длительного периода использования, трубопроводы попадают под негативное внешнее и внутреннее воздействие окружающей среды. В итоге металл деградирует, на нем образуются коррозионные образования (рисунок 1). Чтобы небольшие проблемы не усугубились в более серьезные, используют такой вид контроля, как дефектоскопия [3].



Рисунок 1 – Виды разрушений трубопроводов: дефект сварного шва (слева), коррозионное разрушение (справа).

Его применение позволяет выявить следующие виды дефектов, как:

- ✓ потеря уровня герметичности;
- ✓ потеря контроля состояния напряженности;
- ✓ нарушение сварных стыков;
- ✓ разгерметизация сварных швов;
- ✓ другие параметры, которые ответственны за надежное функционирование магистралей.

При проведении диагностики применяют дефектоскопы, которые перемещаются по системе с перекачиваемым продуктом. В дефектоскопах установлен магнитный либо ультразвуковой аппарат, фиксирующий все перемещения в записи. Измерения осуществляются за счет датчиков, которые расположены в разных направлениях. Охватывается вся площадь пространства внутри трубы. Прибор подает сигнал, в ответ на который фиксируется обратная связь, и выявляются слабые места.

Ультразвук используют при обследовании нефтепроводов, так как для прохождения импульса нужен акустический контакт трубы и датчика, в которой в качестве проводника выступает нефть. Магнитные дефектоскопы применяют и в нефте-, и в газопроводах.

Для обследования стальных труб самый информативный метод внутритрубной диагностики - магнитный. С его помощью можно определить виды, размеры и местоположения дефектов. Метод основан на регистрации полей рассеяния, образующихся при намагничивании стенки газопровода. При наличии дефекта в стенке трубы часть магнитного потока рассеивается, что фиксируется

датчиком. Очистной скребок, магнитный очистной поршень, профилемер, дефектоскопы продольного и поперечного намагничивания - в ВТД участвуют сразу несколько устройств. Необходимым условием для качественной внутритрубной диагностики является хорошая очистка трубы. Это достигается (чаще всего) применением очистного скребка. Он очищает внутреннюю полость и стенки газопровода от различных отложений, загрязнений и посторонних предметов. После этого магнитный очистной поршень осуществляет намагничивание газовой магистрали и собирает металлические предметы в трубе. Затем в дело вступает профилемер. Он предназначен для измерения профиля внутренней поверхности трубы и тестовой оценки проходимости газопровода. Итоговая работа, а именно: непосредственное обнаружение и регистрация дефектов, - задача дефектоскопов продольного и поперечного намагничивания. Вместе с ними часто запускают еще и навигатор - для обеспечения высокоточной привязки к топографическим координатам газопровода.

Ультразвуковая дефектоскопия трубопровода впервые была предоставлена С. Я. Соколовым в 1928 году. Принцип работы: чем выше количество таких препятствий, тем больше волн будет отражена от границы, которая разделяет среду. Возможность обнаружить небольшие дефекты отдельно один от другого определяет длина звуковой волны. А она, в свою очередь, зависима от того, насколько часты звуковые колебания.

Описывая принцип работы этих устройств, необходимо отметить, что волна звука не меняет направление своего передвижения в среде, имеющем одинаковую структуру. Когда среда разделяется удельным акустическим препятствием, то получается отражение волны. Многообразные задачи, стоящие при проведении ультразвуковой дефектоскопии, привели к тому, что появились большие возможности этого способа поиска неисправностей. Из них выделяют пять основных вариантов (схематично представлены на рисунке 2):

- ✓ эхолокация;
- ✓ теневой метод;
- ✓ зеркально-теневой;
- ✓ зеркальный;
- ✓ дельта-метод.

В современной дефектоскопии применяют современные технологии, например, АУЗК – автоматический ультразвуковой контроль для ультразвукового метода дефектоскопии, а также применяют навигационные системы для более высокой точности привязки к топографическим координатам газопровода.

Преимущества АУЗК заключается в том, что отсутствует изменение в физическом положении датчика, изменения положения и угла фокусировки луча, в отличие от контроля набором датчиков.

Преимущества навигационной системы в магнитной дефектоскопии является, то что вдоль всей линии магистральных трубопроводов закрепляются геодезические пункты с координатами, благодаря которым при проведении внутритрубной диагностики с навигационными системами можно наиболее точно определить место дефекта трубопровода.

Автоматический сканер AUS-03 представлен на рисунке 3.

Также в дефектоскопии начинают активно развивать технологии, применение которых навряд ли можно было представить 10 лет назад. Этими разработками являются роботизированная дефектоскопия и нейросетевой анализ данных ультразвуковой дефектоскопии. Данные разработки нацелены автоматизировать и упростить процесс дефектоскопии для сотрудников нефтегазовой отрасли и не только.

Роботизированный дефектоскоп представляет собой автономное средство доставки, оно оборудовано модулем беспроводной связи и аккумуляторной батареей, благодаря которым оператор может работать удаленно. Это совместная разработка университета ИТМО и АО «Диаконт», в данной конструкции применяется ультразвуковой метод дефектоскопии, но такой способ ВТД имеет ряд недоработок, которые ограничивают его применение в настоящее время. Такими недоработками являются дороговизна аппарата и необходимость тщательной обработки участка поверхности объекта контроля от загрязнений, так как из-за их наличия энергия лазера будет рассеиваться, что приведет к ослаблению принимаемых эхосигналов. Роботизированный дефектоскоп изображен на рисунке 4 [2].

МАГНИТНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

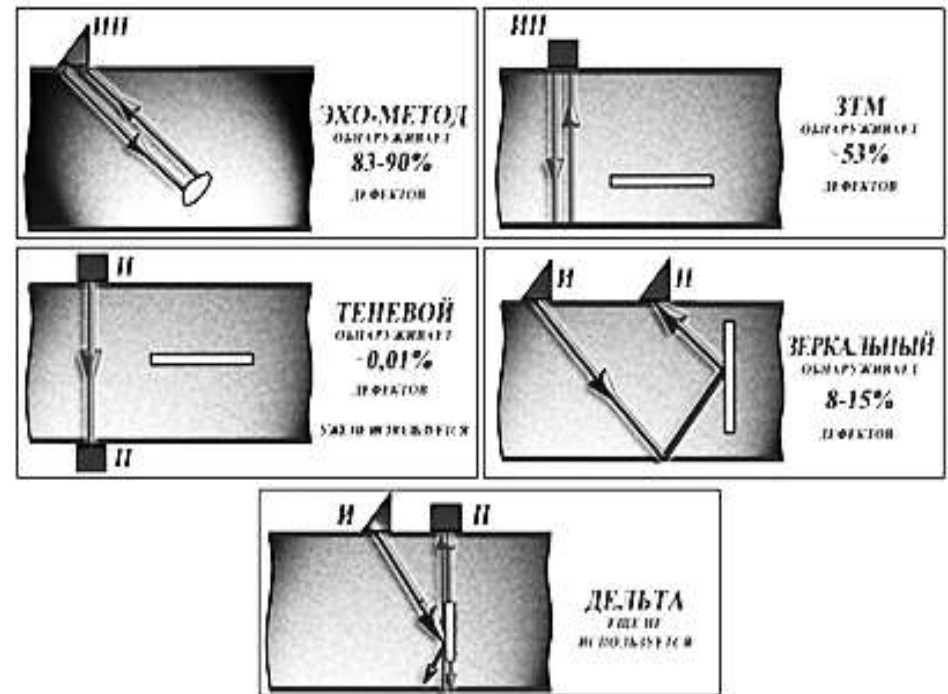
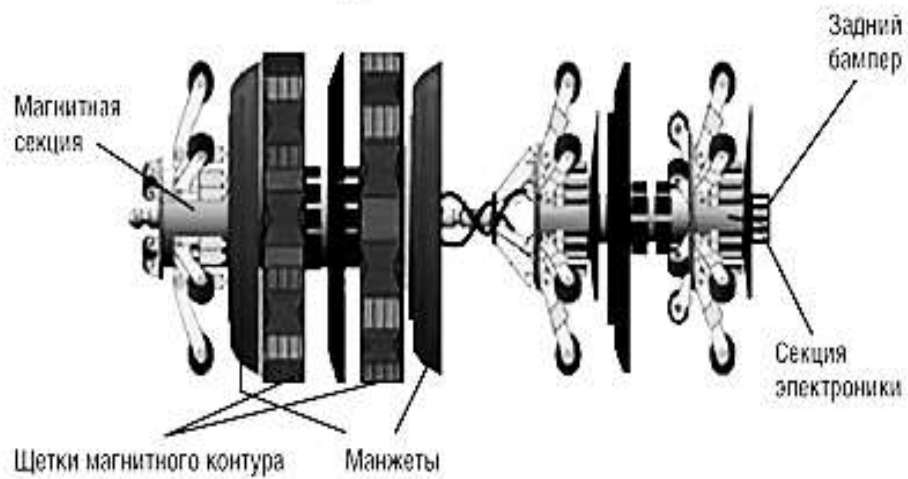


Рисунок 2 – Основные виды дефектоскопии: магнитооптическая (слева), ультразвуковая (справа).

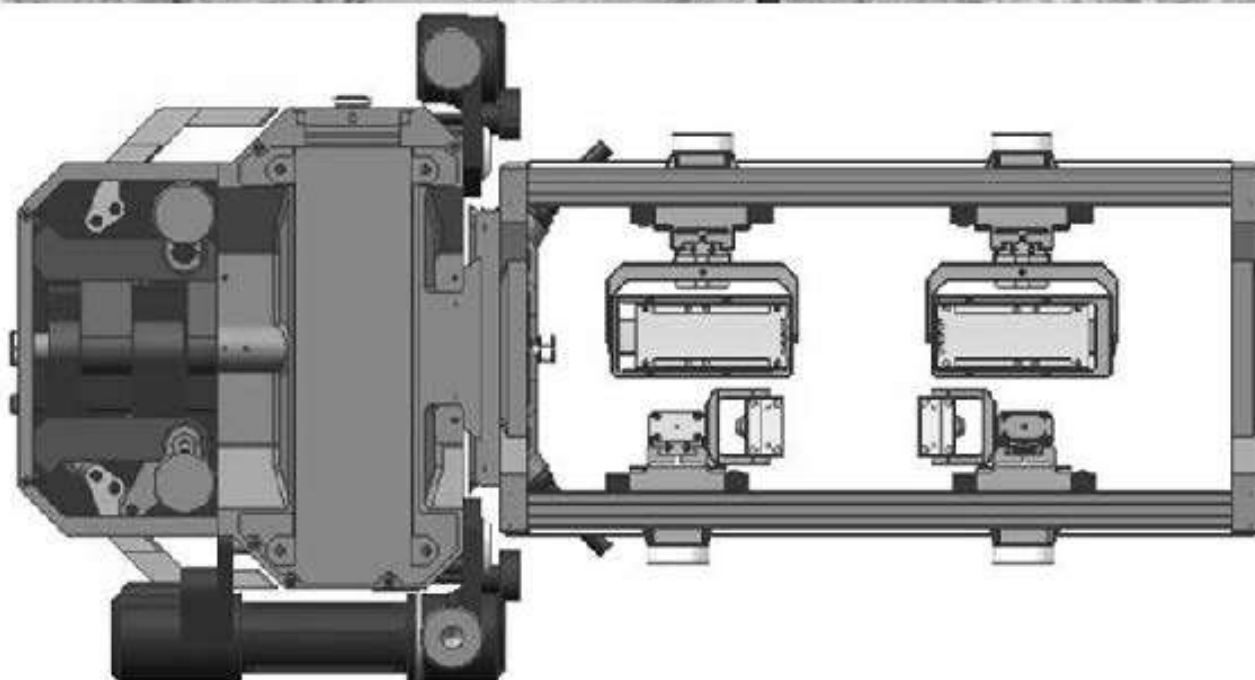
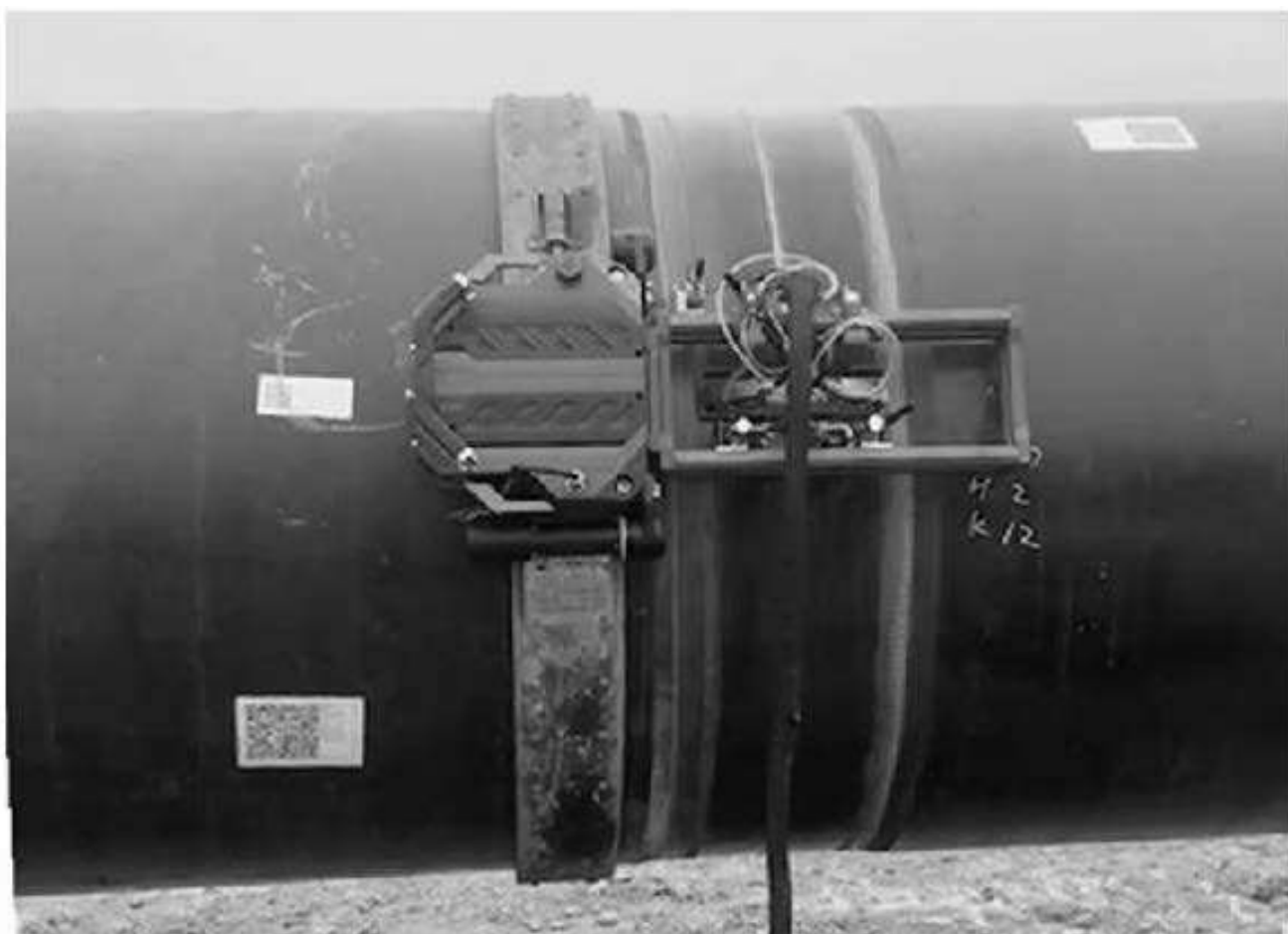


Рисунок 3 – Автоматический сканер AUS-03.

Нейросети появились в нашей жизни совсем недавно и имеют огромный потенциал в различных отраслях. Им нашлось применение в дефектоскопии для автоматизации анализа данных дефектоскопии, так как нейросети имеют свойство обучаться можно сделать вывод что с развитием данной технологии, она может полностью автоматизировать процесс анализа данных полученных с дефектоскопа, благодаря чему можно будет получить точные координаты дефектов трубопровода и незамедлительно приступить к их устранению [1].

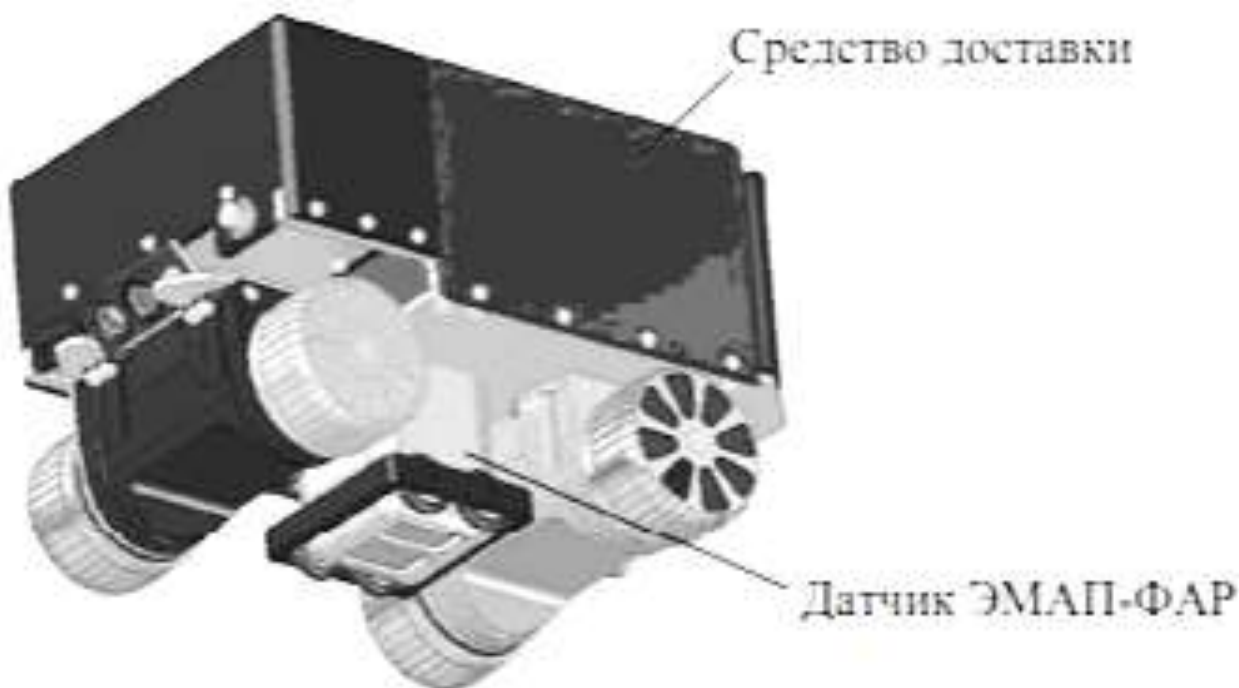


Рисунок 4 – Роботизированный дефектоскоп

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что с развитием современных технологий также развивается и дефектоскопия, в которой активно применяются новейшие технологии для автоматизации, оптимизации, а также обеспечения безопасности жизнедеятельности и повышении техногенной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов.

Библиографический список:

1. Нейросетевой анализ данных ультразвуковой дефектоскопии магистральных газопроводов с использованием программно-аппаратной системы ДВУ / И. Г. Боровской, Е. А. Шельмина, А. А. Матолыгин, Е. П. Ильин // Вестник Томского государственного университета. – 2023. - №64. – с.50-60. Текст: непосредственный.
2. Роботизированный дефектоскоп для диагностики состояния трубопроводов / С. Н. Сомов, Г. В. Баранов, М. А. Поляшов, А. А. Пыркин // Известия вузов. Приборостроение. – 2019. Т.62 - №9. – с.798-804. Текст: непосредственный.
3. Современные методы неразрушающего контроля / Афанасьева В. Б., Чернова Н. В. // Успехи современного естествознания. - 2011. - № 7. - с. 73-74. Текст: непосредственный.

УДК 167/168

Повышение эффективности IT-компании за счёт автоматизации внутренних процессов

Крутецкий Е. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия.

В наше время информационные технологии являются основным двигателем прогресса в различных отраслях бизнеса. IT-компании, занимающиеся разработкой программного обеспечения, обслуживанием сетей, облачными вычислениями и другими смежными областями, сталкиваются с постоянной необходимостью оптимизации своих внутренних процессов для увеличения производительности и конкурентоспособности. В этой статье рассматривается важность автоматизации внутренних процессов для повышения эффективности IT-компании на примере анализа затраченного времени до и после внедрения автоматизации. В условиях современного рынка информационных технологий (IT) эффективность является ключевым фактором успеха любой компании. Одним из эффективных методов повышения производительности и

конкурентоспособности является автоматизация внутренних процессов. В данной статье проводится анализ воздействия автоматизации на затраты времени в IT-компаниях с целью выявления экономической и временной выгоды от данного подхода.

- В контексте информационных технологий (ИТ) эффективность является многогранным понятием, охватывающим различные аспекты деятельности компании.

- Производительность разработки: Эффективность в разработке программного обеспечения оценивается по скорости и качеству создания новых продуктов. Быстрая разработка, высокое качество кода и способность быстро реагировать на изменения в требованиях клиентов - ключевые показатели успешной деятельности в этой области.

- Управление проектами: Эффективное управление проектами включает в себя оптимальное распределение ресурсов, точное планирование и контроль за выполнением задач. Это позволяет компании достигать поставленных целей в срок и в рамках бюджета.

- Качество продукта: Эффективность в ИТ также связана с качеством выпускаемого программного обеспечения. Надежность, безопасность и соответствие стандартам - основные критерии оценки успешности разработки и поддержки продукта.

- Использование ресурсов: Эффективное использование ресурсов, таких как время, деньги и человеческие ресурсы, является важным аспектом в ИТ. Это включает в себя оптимизацию бизнес-процессов, автоматизацию рутинных операций и поиск эффективных методов работы.

- Клиентское обслуживание: В ИТ-сфере эффективность также оценивается через качество обслуживания клиентов. Быстрое реагирование на запросы, высокий уровень технической поддержки и удовлетворенность клиентов - ключевые показатели успешности в этой области.

Эффективность в ИТ-сфере является комплексным понятием, охватывающим различные аспекты бизнеса. Она помогает компаниям достигать своих целей, быть конкурентоспособными на рынке и обеспечивать высокий уровень удовлетворенности клиентов.

Но чтобы воспользоваться преимуществами автоматизации ИТ, компании должны выполнить следующие основные шаги:

Оценить процессы: выявить повторяющиеся задачи, которые можно автоматизировать, и оценить их влияние на производительность и эффективность. Приоритетными являются процессы с большим объемом ручной работы или требующие точности и последовательности.

Выбрать подходящие инструменты: изучите и выберите средства автоматизации, соответствующие требованиям вашего бизнеса. Ищите решения, обеспечивающие гибкость, масштабируемость и простоту использования.

Разработка рабочих процессов: наметьте рабочие процессы автоматизации, определив последовательность задач, зависимостей и условий. Для обеспечения точности и эффективности следует привлекать ИТ-персонал, глубоко понимающий суть процессов.

Тестирование и доработка: перед внедрением автоматизации в производственной среде, тщательно протестируйте рабочие процессы в контролируемой среде. Доработайте рабочие процессы на основе обратной связи и отслеживайте их работу, чтобы выявить области, требующие улучшения.

ИТ-компании часто сталкиваются с рядом внутренних процессов, которые требуют значительных затрат времени и ресурсов. Эти процессы могут включать в себя управление проектами, тестирование программного обеспечения, управление ресурсами, обновление и обслуживание систем и многие другие. Ручное выполнение таких задач часто сопряжено с ошибками, задержками и недостаточной производительностью.

Перед внедрением автоматизации внутренних процессов ИТ-компаниями, значительные человеческие ресурсы тратились на выполнение сложных задач. Например, управление проектами требовало регулярного ручного обновления статусов, отслеживания задач и коммуникации с участниками проекта. Это могло занимать значительную часть рабочего времени сотрудников, что снижало общую эффективность работы компании.

Внедрение систем автоматизации позволяет значительно сократить временные затраты на выполнение повторяющихся задач и улучшить качество выполняемых процессов. Например, использование системы управления проектами с функциями автоматического уведомления и отслеживания статусов позволяет сотрудникам компании более эффективно планировать, выполнить

и отмечать о выполненной работе. Автоматизация тестирования программного обеспечения позволяет ускорить процесс выявления ошибок и улучшить качество разрабатываемого продукта.

После внедрения систем автоматизации внутренних процессов производительность и эффективность ИТ-компаний значительно увеличиваются. Сотрудники могут сконцентрировать свои усилия на более важных задачах, вместо траты времени на выполнение сложных операций. Кроме того, повышается качество работы за счет снижения вероятности человеческих ошибок.

Путем анализа временных затрат до и после внедрения автоматизации внутренних процессов ИТ-компаний можно выявить конкретные преимущества данного подхода.

1. Управление проектами: перед внедрением автоматизации процесс управления проектами часто требовал значительного количества времени на ручное назначение задач, контроль выполнения и формирование отчетов. Однако, после внедрения специализированного программного обеспечения, время, затрачиваемое на эти задачи, сократилось на 30%.

2. Тестирование программного обеспечения: Ручное тестирование программного обеспечения ранее требовало значительных человеческих ресурсов и временных затрат. Однако, благодаря автоматизации тестовых сценариев, время, затрачиваемое на тестирование, уменьшилось на 50%.

3. Обработка заказов клиентов: Процесс обработки заказов клиентов до автоматизации часто включал в себя ручное заполнение и обработку документов. Внедрение системы управления заказами привело к сокращению времени на обработку заказов на 40%.

4. Техническая поддержка: Ручная обработка запросов клиентов и решение проблем требовали значительных временных затрат со стороны технической поддержки. С использованием автоматизированных систем поддержки время, затрачиваемое на решение проблем, уменьшилось на 25%.

Автоматизация внутренних процессов является ключевым инструментом для повышения эффективности ИТ-компаний. Анализ затраченного времени до и после внедрения автоматизации демонстрирует значительное улучшение производительности и качества работы. Регулярное обновление и совершенствование систем автоматизации позволит компаниям оставаться конкурентоспособными в быстро меняющемся мире информационных технологий.

В заключение, автоматизация внутренних процессов является ключевым инструментом для повышения эффективности ИТ-компаний. Она позволяет оптимизировать использование ресурсов, сократить временные затраты и повысить качество выполняемых задач. Автоматизация способствует улучшению производительности в разработке программного обеспечения, управлении проектами, качестве продукта, использовании ресурсов и клиентском обслуживании.

Внедрение систем автоматизации требует тщательного планирования и подготовки, но результаты оправдывают вложения. Автоматизация внутренних процессов помогает ИТ-компаниям стать более конкурентоспособными на рынке, обеспечивая высокое качество продукции и услуг при одновременном снижении издержек.

Таким образом, автоматизация внутренних процессов представляет собой важный шаг на пути к повышению эффективности и конкурентоспособности ИТ-компаний. Она открывает новые возможности для развития бизнеса, позволяя сосредоточиться на инновациях и стратегическом планировании, а не на рутинных задачах.

Библиографический список:

1. Капелюшников Р. И., Баранов А. А. Информационные технологии и образование: роль облачных платформ и анализа данных // Экономическая политика. 2020. № 3. С. 160–185.
2. Куценко Д. В., Куценко Е. В., Александров И. В. Цифровая трансформация в бизнесе: тенденции и практика // Новая экономика: журнал институциональных исследований. 2020. № 4. С. 81–99.
3. Суворов А. А., Струнин Д. В. Влияние информационных технологий на развитие малых предприятий в России // Проблемы современной экономики. 2020. № 2. С. 86–91.
4. Леонтьева Н. А., Соколова А. Н. Информационные технологии как фактор устойчивого развития регионов // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2020. № 2. С. 107–119.
5. Brynjolfsson E., McAfee A. Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future. W. W. Norton & Company, 2020.

Особенности проектирования и разработки мобильных приложений под AndroidOS в рамках реализации цифровой трансформации СГУ им. Питирима Сорокина

Гуляева С. Т., Тотков К. О., Канюков А. А.

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

Реализация цифровой трансформации в высшей школе предполагает системную реорганизацию процессов [1], качественный перезапуск которых приведет к ощутимым и долгосрочным результатам на основе современных ИТ, а именно:

- Формирование корпоративной культуры, повторяющей систему ценностей университета.
- Проектирование и разработку фундаментальных модулей ценности в сфере образования, полностью согласующихся с программой развития вуза.
- Своевременная и гибкая адаптация ядра модульной АИС управления вузом под условия внешней среды.

Исходя из основополагающих направлений реализации цифровой трансформации очевидно, что для достижения ощутимых результатов в перспективе необходимо задействовать широкий спектр современных информационных технологий, отвечающих условиям современного социума, начиная от различных технологии обработки и учета данных, заканчивая решениями в области искусственного интеллекта и машинного обучения (рисунок 1).

Это плодотворно скажется не только на ключевых показателях вуза, но и будет способствовать постепенному внедрению и эксплуатации программных решений основными участниками образовательного процесса.

Среди основных этапов проектирования и разработки АИС управления вузом стоит выделить следующие.

1. Анализ основных и вспомогательных процессов вуза с целью их дальнейшей оптимизации и/или автоматизации.
2. Формирование многоуровневой системы требований к АИС управления вузом.
3. Комплексная оценка информационных потоков и проектирование моделей с использованием DFD.
4. Анализ действующих в организации типовых программных продуктов с целью выявления более устойчивых, открытых и универсальных в качестве минимально возможного базиса.
5. Проектирование архитектуры будущей экосистемы управления вузом с учетом аспектов безопасности, а также основываясь на утвержденной модели информационных потоков (рисунок 2).
6. На основе подобранного ранее программного базиса проектирование дополнительной структуры хранения данных для последующей реализации запланированного функционала АИС согласно утвержденной архитектуре.
7. Разработка REST API для функционирования мобильных и веб клиентов экосистемы вуза.
8. Проектирование эргономичного пользовательского интерфейса для мобильных и веб клиентов (согласно актуальным трендам в части разработки веб и мобильных приложений).
9. Реализация программного кода, разработка Unit-тестов.
10. Тестирование, ввод в эксплуатацию.

Данная статья ориентирована на результаты проектирования и разработки мобильных приложений на примере реализации мобильных клиентов экосистемы «Цифровая академия» для СГУ им. Питирима Сорокина [2].

Грамотное обоснование выбранного инструментария – это ключевой момент в части реализации системы управления вузом, способный при грамотном анализе возможностей существующих информационных технологий и гибкости поддерживаемых языков программирования создать дополнительную степень свободы на уровне программного кода и бизнес-логики программного продукта, что в большинстве случаев позитивно влияет на результат работы группы разработчиков.

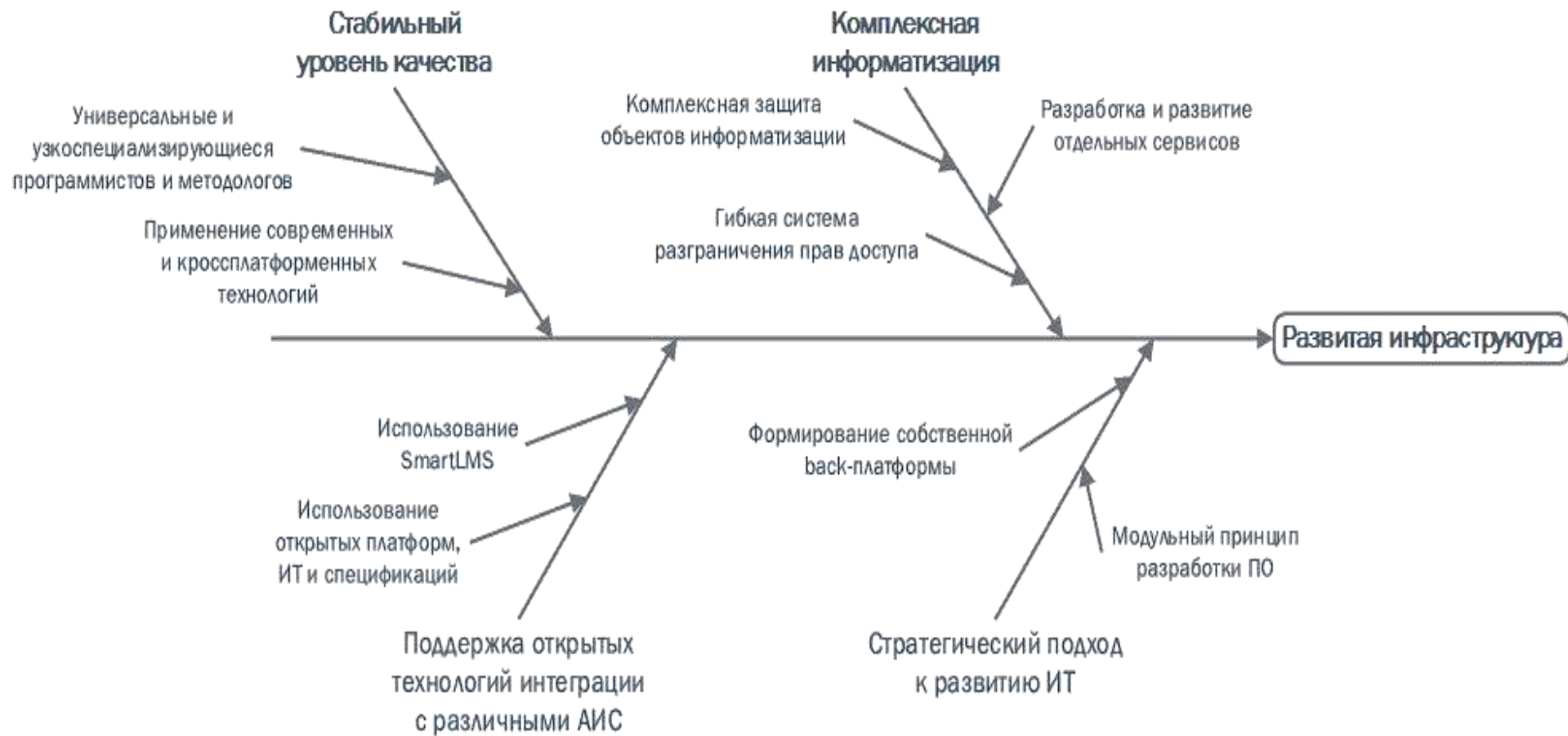


Рисунок 23 – Цели реализации цифровой трансформации на техническом уровне.

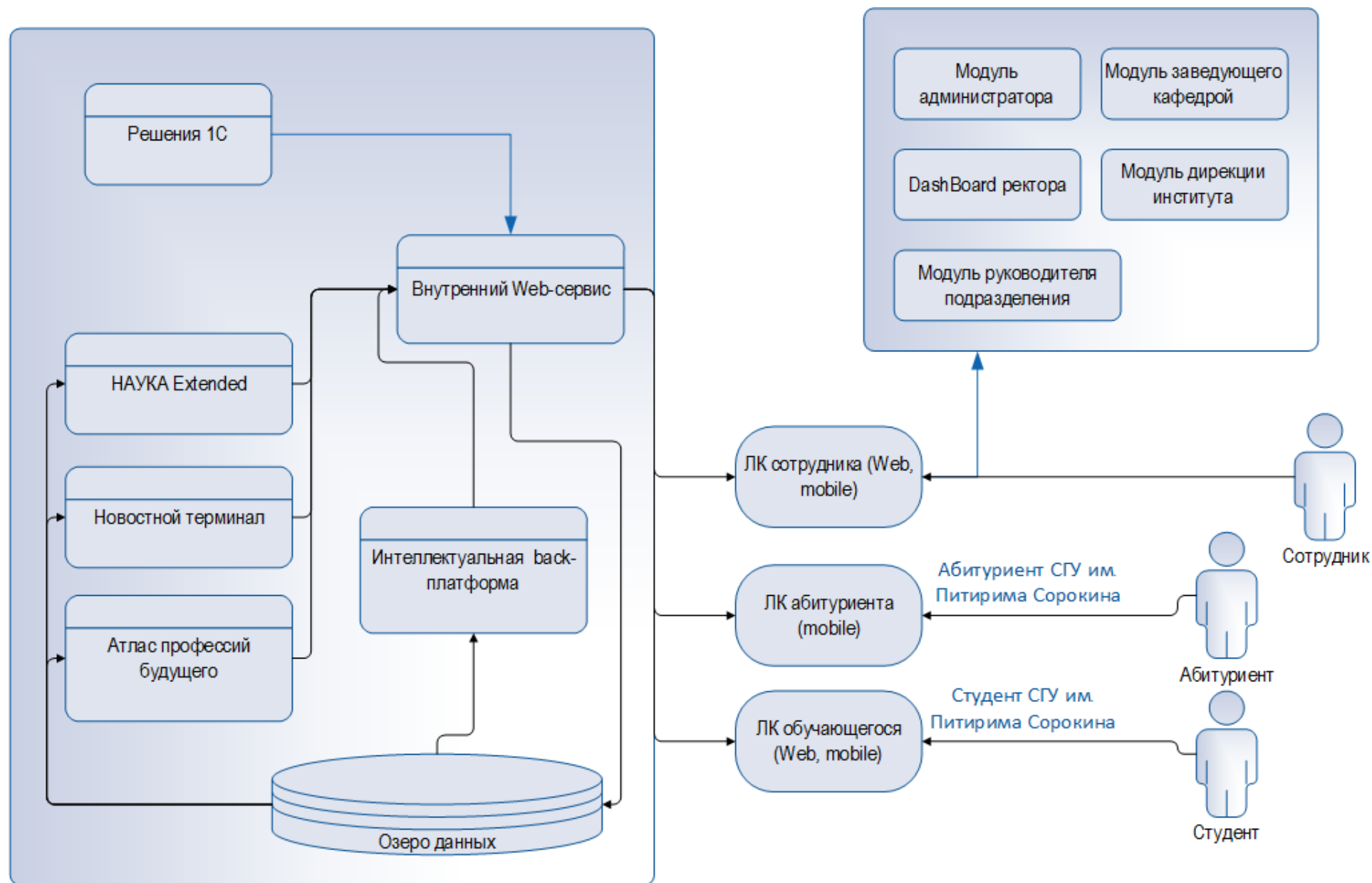


Рисунок 24 – Архитектура экосистемы "Цифровая академия".

На уровне реализации мобильных клиентов стек технологий очевиден – это реализация программных продуктов в среде разработки Android Studio на языке программирования Kotlin [7] на основе паттерна MVP с использованием набора библиотек Jetpack navigation и библиотеки Retrofit для взаимодействия с REST API. Выбор инструментария для реализации серверной части экосистемы основывается на сравнительном анализе распространенных технологий программирования [8] (таблица 1).

Таблица 4 – Краткий сравнительный анализ популярных технологий программирования.

Критерий сравнения	Текущая версия Кампуса	ASP.NET (нотация Web forms, C#)	Java-технологии	Технологии Python
Язык программирования	PHP	C#	Java	Python
Категория ЯП	Web	Универсальный	Универсальный	Универсальный (но больше уместен для быстрых вычислений и реализации нейронных сетей)
Гибкость языка	Слабая гибкость	Высокая	Высокая	Высокая
Явная/неявная типизация	Не полностью	Есть	Есть	Нет
Кроссплатформенность	Есть	Есть (Core)	Есть	Есть
Производительность	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая
Особенности	Претерпел много изменений, чтобы стать лучше	Схож с Java, удобен в прикладном программировании	Строгий синтаксис, объемный код	Простой в понимании
Ручное управление памятью	Нет	Есть	Есть	Нет
Структуры данных	Мало	Много	Много	Мало
Быстрота разработки	Умеренно	Web forms – быстро, Core – умеренно	Умеренно	Умеренно

Одним из очевидных решений по результатам анализа распространенных технологий программирования серверной части АИС «Цифровая академия» является использование технологии ASP.NET в вариации Core на основе паттерна MVC [9].

На сегодняшний день официально на платформе RuStore зарегистрировано три программных продукта сыктывкарского госуниверситета – это Студент, Сотрудник и Абитуриент СГУ им. Питирима Сорокина.

Сотрудник СГУ им. Питирима Сорокина – это мобильный клиент, позволяющий любому сотруднику университета получать мгновенный доступ к актуальной и утверждённой информации по основным и вспомогательным процессам вуза, в которых он задействован. Оно включает в себя функционал для ведения профиля пользователя, портфолио специалиста, просмотра утвержденной нагрузки на учебный год, заполнения плана работы на предстоящий учебный год, реализации push-уведомлений и многого другого. Гибкие настройки приложения еще больше улучшают взаимодействие с пользователем, позволяя настраивать его в соответствии с индивидуальными предпочтениями. Кроме того, приложение обладает удобным и интуитивно понятным интерфейсом (рисунок 3), что делает его использование максимально комфортным.

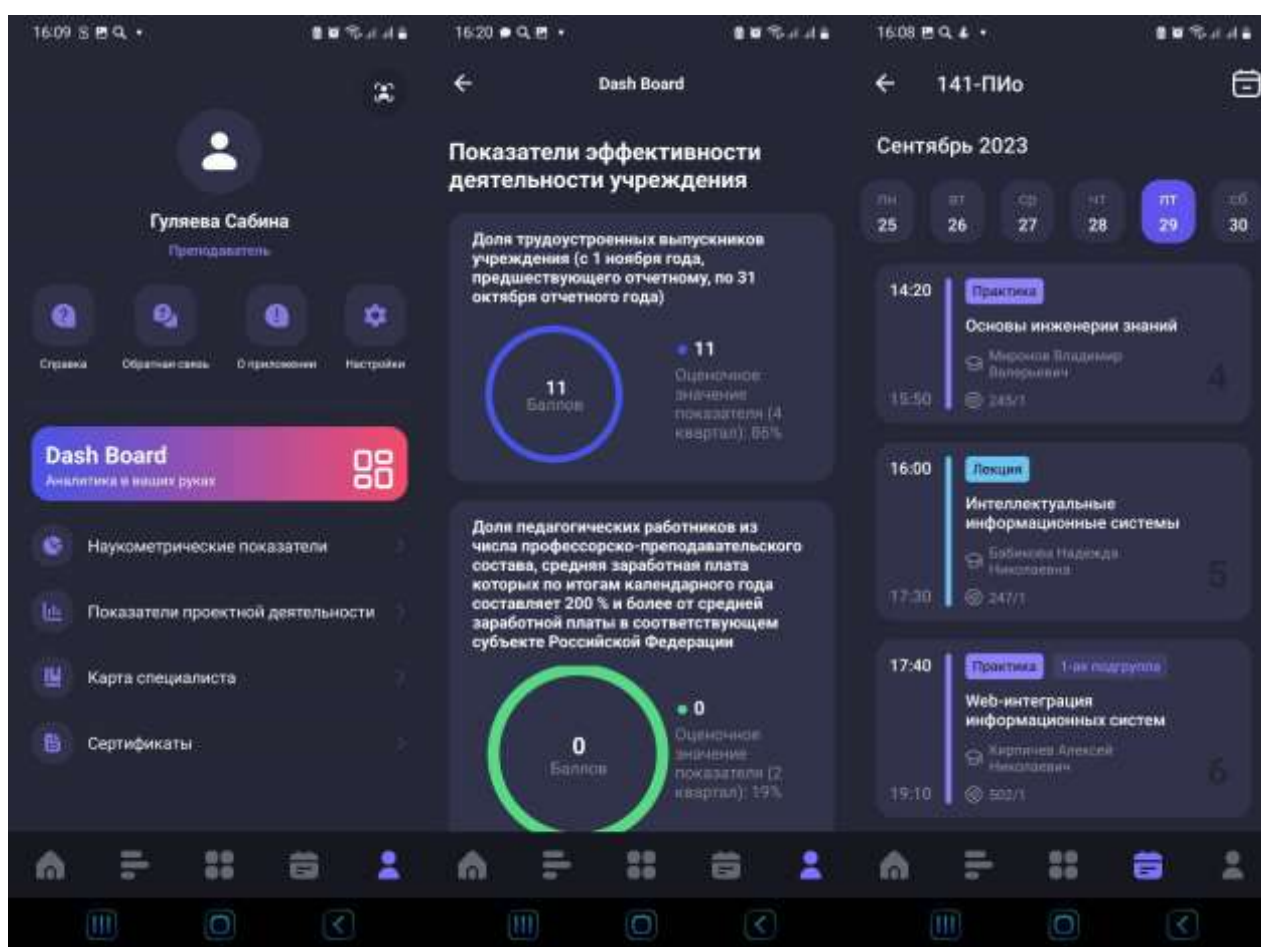


Рисунок 25 – Интерфейс мобильного клиента «Сотрудник СГУ им. Питирима Сорокина».

Из основного функционала стоит выделить следующее:

- Ведение профиля пользователя с синхронизацией сведений из отдела кадров.
- Ведение портфолио специалиста.
- Просмотр утвержденной нагрузки на учебный год по читаемым дисциплинам.
- Заполнение плана работы на предстоящий учебный год.
- Реализация push-уведомлений.
- Система вспомогательных и актуальных сервисов в быстром доступе (например, Расчетный лист, Опросник, Доступ к WiFi, Библиотека и другие).
- Актуальное расписание преподавателя.
- Учет сертификатов пользователя.

- Ведение наукометрических показателей сотрудника.
- Ведение показателей проектной деятельности по сотруднику.
- Организация DashBoard ректора (версия mini).
- Гибкая система настроек.

Приложение «Сотрудник СГУ им. Питирима Сорокина» предлагает ряд функций, которые могут быть полезны для сотрудников университета. Оно обеспечивает доступ к актуальной информации и инструментам, необходимым работнику для повседневной работы, что делает его удобным в использовании. Однако, сравнивая его с приложениями других вузов (таблица 2), можно заметить, что практически каждый университет разрабатывает решение под свои нужды, формируя некоторую характерную для данного вуза отличительную особенность на уровне программного продукта в целом. Стилистическое решение мобильного клиента чаще всего не просто соответствует брендбуку организации, но и отражает корпоративную культуру основных участников образовательного процесса и сотрудников.

Таблица 5 – Сравнительный анализ мобильных приложений для сотрудников и преподавателей вузов.

Показатель	СГУ им. Питирима Сорокина	НГУ	Физтех	МГОТУ им. А.А. Леонова	ТПУ	ВШЭ
Оценка, количество	5,0; 3 оценки	4,3; 10 оценок	5,0; 11 оценок	4,5; 6 оценок	0,0; 0 оценок	4,3; 254 оценки
Профиль, ставки	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Расписание	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Дисциплины + нагрузка	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Электронные ведомости	В плане	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Портфолио	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Задачи и поручения из системы документооборота	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Сервис «Мои документы»	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сервис «Расчетный лист»	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сертификаты	Да	Да / Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Научная деятельность	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Проектная деятельность	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Электронный журнал	В плане	Да	Нет	Да	Нет	Нет
Дата последнего релиза	11 янв 2024	1 июн 2023	7 нояб 2023	29 дек 2023	27 окт 2023	19 мар 2024

Таким образом, НГУ постарался в своих решениях тщательно сосредоточиться на образовательном процессе и по возможности максимально его автоматизировать. Решение Физтеха сопровождается умным ботом-помощником и различными уведомлениями для своевременного оповещения пользователя о важных изменениях. Мобильное приложение МГОТУ характеризуется мгновенной синхронизацией с «1С: Документооборот» - функция, которая есть далеко не у всех.

Стоит также помнить о том, что мобильные клиенты – это всегда часть чего-то большего, что способно создать качественно новый взгляд на привычные вещи и привести к осязаемым и долгожданным результатам. И это будет возможно завтра в случае плодотворной работы сегодня, которую проделает сообщество вузов вместе, сообща.

Библиографический список:

1. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования [Электронный ресурс]. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwujw.pdf> (Дата обращения: 26.03.2024)
2. Почему будущее образования — за экосистемами? [Электронный ресурс] URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/6027f56f9a794723de4d1b34> (Дата обращения: 07.03.2024)
3. Концепция «Единая цифровая образовательная экосистема» [Электронный ресурс] URL: <https://ibs.ru/media/kontseptsiya-edinaya-tsifrovaya-obrazovatel'naya-ekosistema/> (Дата обращения: 07.03.2024)
4. Миронов В. В., Гуляева С. Т. Цифровая трансформация как катализатор развития ИТ-индустрии образовательных организаций в условиях внедрения цифровой образовательной среды // Корпоративное управление инновационное развитие экономики Севера: Вестник научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2023. Т. 3. Вып. 2. С. 135-141. doi: 10.34130/2070-4992-2023-3-2-135
5. Миронов В. В., Гуляева С. Т. Модернизация образовательной среды в условиях цифровой трансформации: материалы VI Международной науч. конф., г. Красноярск, 2022 г.: в 3 ч. Ч. 2 / под общ. ред. М. В. Носкова. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2022 – 248 с.
6. Сулейманкадиева А.Э., Петров М.А., Александров И.Н. Цифровая образовательная экосистема: генезис и перспективы развития онлайн-образования // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Том 11. – № 3. – С. 1273-1288. – doi: 10.18334/vines.11.3.113470
7. Kotlin для Android: теперь официально [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/company/JetBrains/blog/329028/> (Дата обращения 05.03.2024)
8. Обзор и сравнение популярных языков программирования [Электронный ресурс] URL: <https://birskin.ru/index.php/2012-02-07-11-31-02/49-8-/422-2020-05-19-06-38-26> (Дата обращения: 07.03.2024)
9. ASP.NET Core сегодня: за и против [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/companies/jugru/articles/301512/> (Дата обращения 06.03.2024)

УДК 004.056

Социальная инженерия в области информационной безопасности: основные тенденции и механизмы воздействия

Дворецкая П. С.

Научный руководитель – Базарова И. А.

УУхтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В современном мире, где технологии и цифровые данные играют все более значимую роль, вопрос информационной безопасности становится все более актуальным. Киберугрозы, хакерские атаки, утечки конфиденциальных данных — все это угрожает как частным лицам, так и организациям. Поэтому обеспечение безопасности информации становится неотъемлемой частью работы любой компании или учреждения. Однако независимо от того, насколько сложные и надежные могут быть технические меры защиты информации, злоумышленники могут обойти эти барьеры, обратившись к самому слабому звену - человеку.

Часто люди не перепроверяют информацию, переходят по незнакомым ссылкам, доверяют людям и в целом бывают невнимательны, что позволяет злоумышленникам посредством обмана и манипуляций получить доступ к конфиденциальной информации или системам. Подобный вид воздействия на человека и способ проведения атак информационной безопасности называется социальной инженерией.

Термин "социальная инженерия" впервые появился в контексте информационной безопасности в конце XX века. Он был заимствован из области социальных наук, где социальная инженерия означает использование знаний о человеческом поведении, психологии и социологии для достижения определенных целей.

Социальная инженерия стала широко распространенной в кибератаках благодаря Кевину Митнику, который был одним из первых хакеров, успешно использующих этот метод. Его книга "Искусство обмана" (The Art of Deception) стала популярной в кругах специалистов по информационной безопасности и привлекла внимание к проблеме человеческого фактора данной сфере, а также популяризировала сам термин "социальная инженерия".

Социальная инженерия остается одним из самых популярных методов атак информационной безопасности. По статистике Positive Technologies на последний квартал 2023 года преобладающим методом успешных атак на частных лиц остается социальная инженерия, ее доля составила 83% (Рисунок 1). Каждая вторая успешная атака заканчивалась утечкой конфиденциальной информации.

Также по статистике (Рисунок 2) основным каналом социальной инженерии в атаках на организации является электронная почта (86%), так как она является одним из основных средств коммуникации в рабочей среде. В то время как атаки на частных лиц чаще всего проводятся через веб-ресурсы и сервисы (59%), так как люди все больше времени проводят в сети Интернет.

Киберпреступники используют различные методы для получения несанкционированного доступа к государственным, общественным и корпоративным сетям и системам, для похищения учетных данных пользователей и другой конфиденциальной информации, блокирования процессов и других инцидентов.

Фишинговые атаки обычно основаны на маскировке под официальные коммуникации от доверенных источников, например, банков, интернет-провайдеров, крупных компаний или работников организации. Схема фишинга обычно включает в себя отправку электронных писем или сообщений, которые выглядят как официальные запросы или уведомления от легитимных организаций, и попытку обманом заставить получателей нажать на вредоносную ссылку или скачать зараженное вложение, передаваемые в письме, чтобы затем украсть их личную информацию, такую как логины, пароли, данные банковских карт.

По данным Positive Research использование вложений в фишинговых электронных письмах сокращается, поскольку современные технические средства защиты информации, например, средства фильтрации почтового трафика и почтовые антивирусы, способны обнаруживать потенциально опасную нагрузку и блокировать доставку сообщений. Кроме того, снижается эффективность фишинга с использованием документов Microsoft Office на фоне блокировок XML- и VBA- макросов в 2021-2022 годах.

Для обхода защиты электронной почты киберпреступники все чаще используют вложения с расширением .pdf, в которые встраиваются вредоносные ссылки, иногда дополнительно маскируемые с помощью QR-кодов. На текущий момент и в будущем ссылки будут самым эффективным способом доставки полезной нагрузки – они с трудом поддаются анализу стандартными почтовыми средствами защиты и могут быть с легкостью замаскированы под легитимный трафик, например, являясь ссылками на облачные хранилища.

Существует несколько каналов реализации фишинговых атак, но электронная почта остается самым широко используемым средством (Рисунок 3).

Другими наиболее известными видами атак социальной инженерии являются голосовые звонки (вишинг), а также атаки посредством мессенджеров и социальных сетей, например, fakeboss-атаки, в которых злоумышленники подделывают или взламывают аккаунты директоров и обращаются к сотрудникам и просят выполнить действия, которые могут причинить ущерб компании, например, перевести деньги на счет злоумышленников, предоставить конфиденциальные данные.

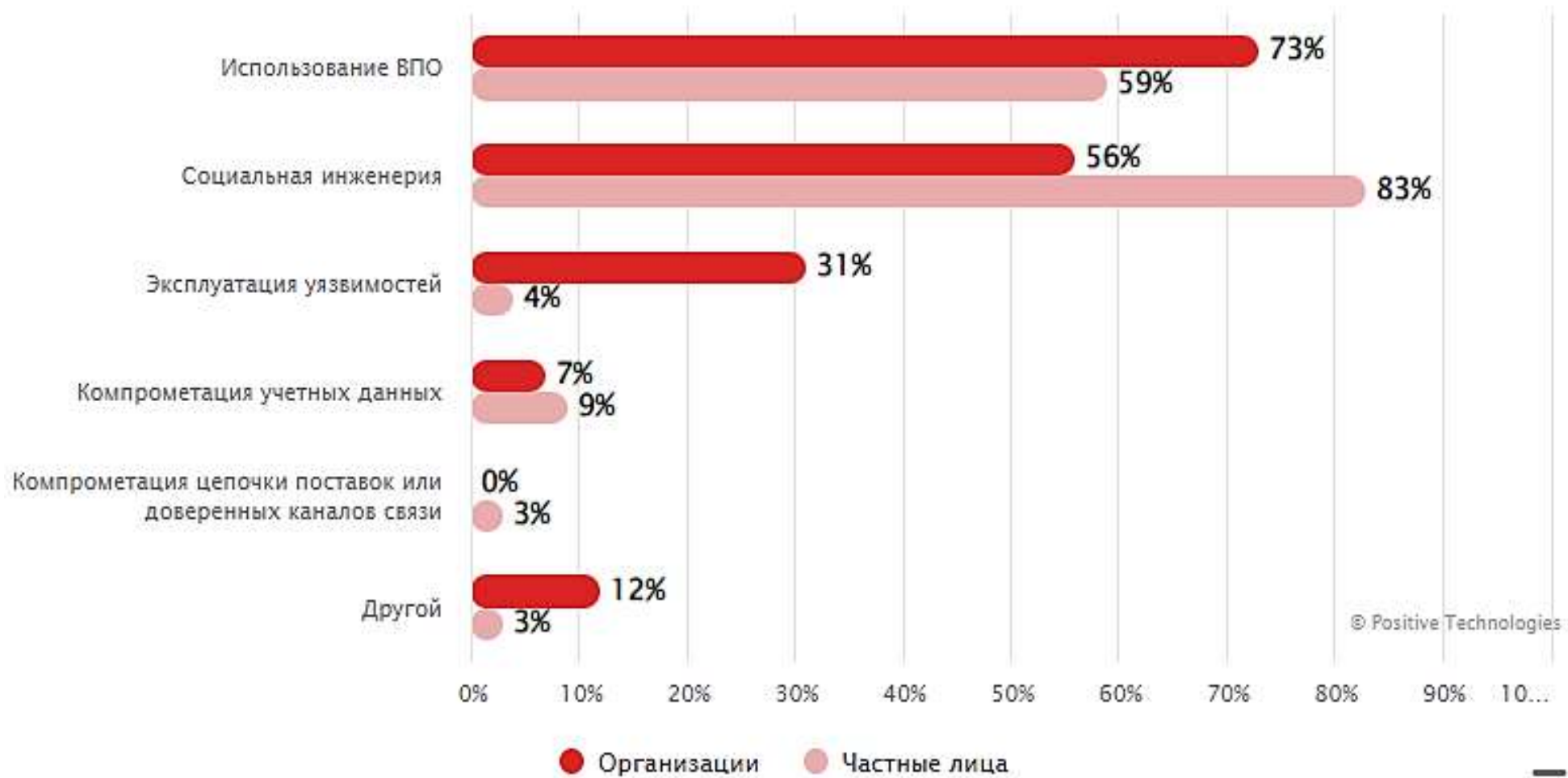


Рисунок 1 – Статистика по актуальным методам атак на 4 квартал 2023 года.

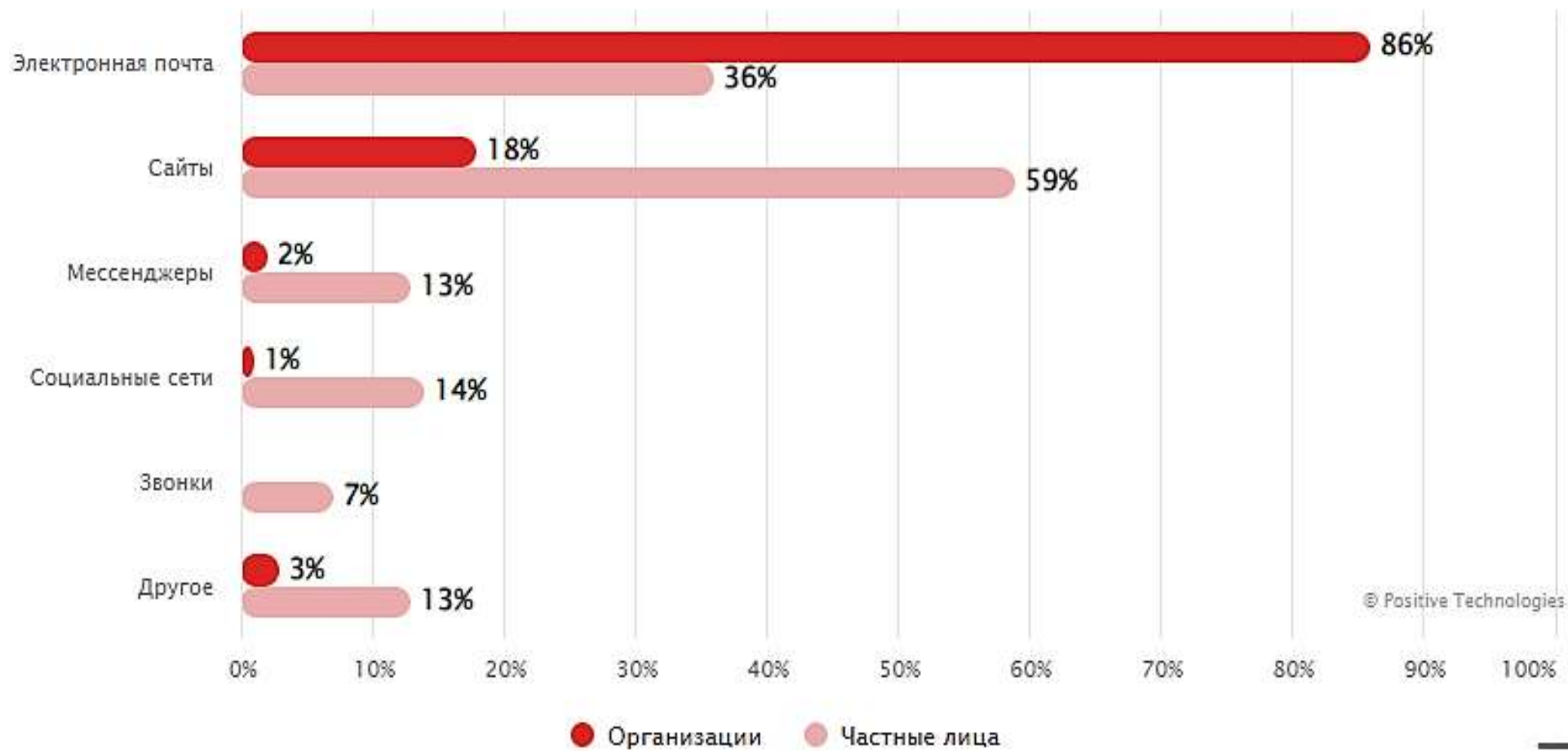


Рисунок 2 – Каналы социальной инженерии.

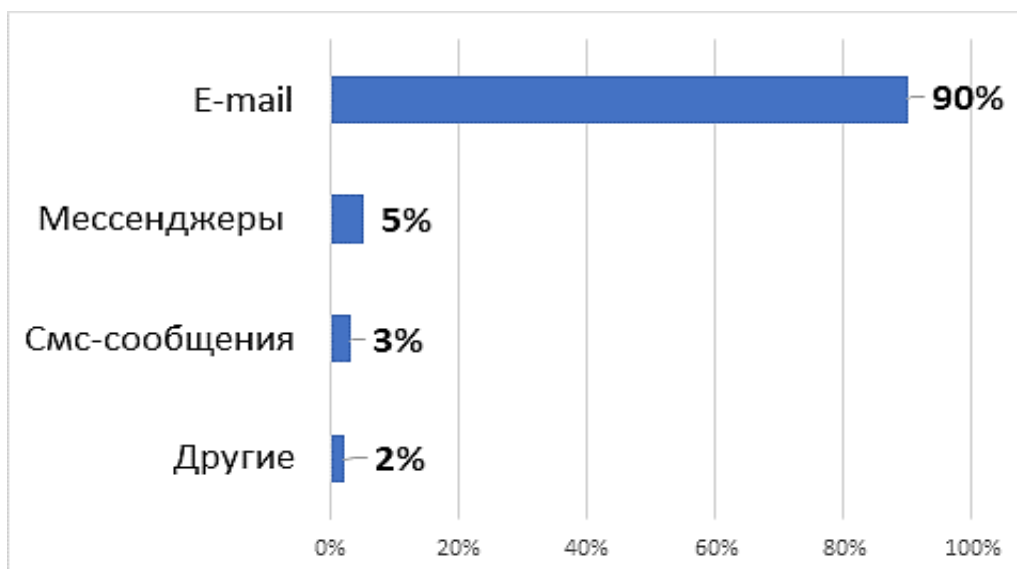


Рисунок 3 – Каналы проведения фишинговых атак.

С развитием искусственного интеллекта (ИИ) и ростом его популярности специалисты в области информационной безопасности прогнозируют все большее применение нейросетей в реализации атак. Использование ИИ в социальной инженерии открывает новые возможности для киберпреступников, увеличивая их эффективность и сложность.

Одним из наиболее распространенных способов применения ИИ в таких атаках является создание персонализированных мошеннических сообщений, которые лучше подходят для каждой конкретной цели. ИИ может анализировать огромные объемы данных о потенциальных жертвах, включая информацию из социальных сетей, общедоступные данные и предыдущие взаимодействия с пользователем. На основе этого анализа злоумышленники могут создавать персонализированные сообщения, которые содержат уникальные элементы, такие как имена, интересы или даже предпочтения жертвы. Это делает мошеннические сообщения более убедительными и повышает вероятность успешной атаки.

Кроме того, ИИ может использоваться для автоматизации процесса фишинга, что позволяет злоумышленникам масштабировать атаки и достигать большего количества потенциальных жертв. ИИ помогает злоумышленникам поддерживать иллюзию осмысленного диалога с жертвой, может быть использован для создания deepfake-контента, такого как поддельные видео или аудиозаписи, например, с участием руководителей компаний, что может быть использовано для обмана сотрудников и получения конфиденциальной информации.

Перечисленные формы атак социальной инженерии являются наиболее распространенными в связи с простотой их реализации – данные атаки не требуют высоких технических навыков и могут быть проведены с помощью простых инструментов. Это делает их доступным для широкого круга злоумышленников, включая новичков.

Как упоминалось ранее, социальные инженеры проводят разведку, используя различные методы и техники для сбора информации о своих целях. Большую часть информации, необходимой для проведения атак, можно отыскать в открытых источниках, что упрощает процесс подготовки.

Цифровые следы играют ключевую роль в атаках социальной инженерии, поскольку предоставляют злоумышленникам ценную информацию о потенциальных жертвах. Цифровые следы включают в себя данные, оставленные пользователями в интернете, такие как посты в социальных сетях, фотографии, комментарии, и другие онлайн активности. Социальные сети являются одним из крупнейших хранилищ личной информации.

Социальные инженеры могут использовать цифровые следы для создания персонализированных мошеннических сообщений, которые лучше подходят для каждой конкретной жертвы. Например, зная интересы, хобби или предпочтения цели, злоумышленники могут адаптировать свое сообщение таким образом, чтобы оно казалось более правдоподобным и убедительным.

Социальная инженерия на протяжении многих лет остается наиболее распространенным видом киберпреступлений. Несмотря на освещенность данной темы, даже осведомленные люди могут быть подвержены подобной форме атак.

Можно выделить несколько основных причин, первая из которых заключается в использовании социальными инженерами психологических техник, которые могут быть очень убедительными и манипулятивными. Даже если человек знает о существовании таких атак, он все равно может быть подвержен влиянию эмоций, социального давления или других факторов, которые делают его более уязвимым.

Во-вторых, социальные инженеры постоянно разрабатывают новые методы и стратегии для обхода систем защиты и манипулирования людьми. Это означает, что люди должны быть постоянно внимательными и обновлять свои знания о таких атаках, чтобы предотвращать их.

Наконец, некоторые люди могут иметь слишком высокое чувство уверенности в свои знания и способности распознавать манипуляции. Это может привести к недооценке рисков и недостаточной бдительности, что делает их более уязвимыми к атакам социальной инженерии. Например, некоторые работники отделов информационной безопасности и информационных технологий из-за недооценки рисков могут быть более уязвимы к манипуляциям.

Борьба с социальной инженерией требует комплексного подхода, основанного на понимании психологических механизмов, лежащих в основе манипуляций, и применении технических мер безопасности. Ниже приведены некоторые стратегии по борьбе с социальной инженерией в рамках организаций:

1. Обучение и осведомленность – проведение регулярных тренингов и обучений сотрудников о методах социальной инженерии поможет повысить осведомленность и бдительность персонала. Обучение должно включать изучение типичных сценариев атак, признаков манипуляций, а также практические занятия по распознаванию атак.

2. Установление процедур и политик безопасности – важно разработать и внедрить четкие процедуры и политики безопасности, которые регулируют доступ к конфиденциальной информации и процессы аутентификации. Кроме того, необходимо установить правила при работе с почтой, ее вложениями, а также при переписке в мессенджерах по рабочим вопросам.

3. Многофакторная аутентификация: Использование многофакторной аутентификации (например, пароль + SMS-код) поможет усилить защиту от несанкционированного доступа даже в случае утечки учетных данных.

4. Проверка подлинности – важно уделять внимание проверке подлинности запросов на доступ к информации или выполнению финансовых операций. Сотрудники должны быть обучены распознавать необычные запросы и обращаться за подтверждением к ответственным лицам. В компании также могут быть введены четкие правила по идентификации личности, с которой ведется переписка или разговор. Это поможет уменьшить возможности для социальных инженеров.

5. Проведение пентестов – проверок на проникновение – специалисты по безопасности могут моделировать типичные сценарии атак социальной инженерии и оценить уровень подготовленности организации на случай таких угроз.

С развитием технологий информационной безопасности и применением современных систем защиты в компаниях злоумышленники все чаще прибегают к методам социальной инженерии. Важным аспектом сейчас является обучение пользователей распознаванию подобных атак на ранних этапах, чтобы предотвратить негативные последствия. Кроме того, необходимо регулярно информировать сотрудников о новых типах атак и методах защиты, чтобы поддерживать высокий уровень осведомленности и готовности к возможным угрозам.

Библиографический список:

1. Актуальные киберугрозы: IV квартал 2023 года // Positive Technologies URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q4/> (дата обращения: 08.04.2024).

2. Сложнее, чем кажется: социальная инженерия 2023 // Positive Research URL: <https://ptresearch.media/articles/slozhnee-chem-kazhetsya-sotsialnaya-inzheneriya-2023?ysclid=ltwveupdrs386553937> (дата обращения: 08.04.2024).

3. Тепляков Сергей Павлович, Тимохович Александр Степанович Социальная инженерия. Анализ и методы защиты // Academy. 2018. №7 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-inzheneriya-analiz-i-metody-zaschity> (дата обращения: 09.04.2024).
4. Тренды фишинговых атак на информационные системы организации в 2023-2024 гг. // Wizard URL: <https://wizard-c.ru/about/articles/trendy-fishingovyh-atak-na-informacionnye-sistemy-organizacii-v-2023-2024-gg> (дата обращения: 08.04.2024).
5. Митник К.Д. Искусство обмана / К.Д. Митник, В.Л. Саймон // Компания АйТи. – 2004. – 360 с.

УДК 004.75

Онлайн – система аналитической обработки OLAP

Седова С. А.

Научный руководитель – Шилова С. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Аннотация. Важные бизнес – решения основаны на больших объемах информации и в компаниях для комплексного анализа данных используются современные системы с целью построения качественных бизнес процессов информационного обеспечения. В настоящей статье предпринята попытка изучить и проанализировать онлайн – систему аналитической обработки OLAP посредством изучения отдельных частей системы.

Ключевые слова: OLAP-система, OLAP-куб, компоненты системы OLAP, типы OLAP.

Чтобы принимать важные бизнес – решения, которые основаны на больших объемах информации, в компаниях есть приложения для комплексного анализа данных. Этими приложениями пользуется менеджмент.

Разнородные данные не могут храниться в одном и том же источнике, поэтому их необходимо собрать в одном месте, обработать, проанализировать. Исходя из этого можно сделать вывод, что корпоративное хранилище обязано быть организовано тем образом, которое подходит для анализа, в частности с использованием OLAP.

OLAP (online analytical processing) – это оперативная аналитическая обработка данных, позволяющая в режиме реального времени получить нужный срез данных для их анализа. Эта система обрабатывает большие массивы данных с учетом заданных критериев и оперативно выдает нужную информацию из разных хранилищ.

OLAP – технология объединяет хранилища данных и сервер, а также визуализирует информацию после анализа и помогает в составлении отчетов.

Структура OLAP – системы состоит из:

1 Хранилищ данных (информация обладает разной формой и представлением. Поэтому для быстрой обработки данные должны быть упорядочены под специальные требования системы. Следовательно, нужны специальные хранилища – многомерные или классические реляционные базы данных),

2 Средств ETL (это инструменты извлечения, преобразования и загрузки необходимой информации, позволяющие хранилищу данных сотрудничать с внешним миром. С помощью этих средств данные попадают в хранилище, обрабатываются, преобразуются в нужный формат, анализируются и возвращаются обратно для просмотра результатов),

3 Сервера (он собирает сведения из источников, преобразует их с помощью ETL, делает предварительные расчеты и руководит всей системой OLAP),

4 Аналитических инструментов (это приложения, выступающие проводниками между пользователем и хранилищем. С помощью этих инструментов аналитики создают запросы к БД и отчеты),

5 Базы данных OLAP (это отдельная база данных, которая подключается к корпоративному хранилищу, чтобы снизить нагрузку на хранилище данных анализом OLAP),

6 Кубов OLAP (это модели, представляющие многомерный массив данных. Кубы являются жесткими, поэтому их нельзя изменить после моделирования).

OLAP работает довольно просто. Во-первых, сервер OLAP собирает информацию из разнородных источников. Во-вторых, инструменты ETL очищают, объединяют, предварительно рассчитывают и сохраняют данные в OLAP кубе. В-третьих, аналитики используют инструменты OLAP для создания отчетов, беря за основу данные в OLAP кубе.

Требования к OLAP- системам – это критерии, сущность которых объясняет аббревиатура FASMI – Fast Analysis of Shared Multidimensional Information – быстрый анализ доступной многомерной информации:

1 Скорость реакции (Fast) – ответ системы не должен превышать пяти секунд. Это необходимо для оперативного предоставления информации в системах принятия решений, чтобы результат, который мы получим, соответствовал текущему состоянию дел.

2 Аналитические возможности (Analysis) — система обязана выполнять любой логический, статистический или численный анализ, требуемый в рамках текущей работы, а также представлять и сохранять его результаты в доступном и наглядном виде.

3 Доступность данных (Shared) — данные в системе должны быть доступны пользователям, но только в необходимом им объеме, который определяется механизмами разграничения прав.

4 Многомерность представления (Multidimensional) — данные должны быть представлены в многомерных структурах. Причем это отражается в логике пользовательских запросов. Это главное требование к системам OLAP.

5 Релевантная информация (Information) — система должна работать с нужными данными вне зависимости от их расположения и объема. При этом наличие посторонних данных может негативно сказаться на быстродействии и эффективности всей системы.

Для хранения данных в OLAP-системах используют один из трех вариантов хранения данных:

1 MOLAP (multidimensional OLAP). Первичные данные и результат их анализа хранятся в виде OLAP-кубов. Это самый быстрый метод— пользователь моментально получает по запросу любой срез хранящейся информации. Но у подхода есть недостаток. Результат предварительной обработки данных — это таблицы, которые занимают большой объём памяти на сервере. Поэтому если первичной информации много, то MOLAP может не подойти.

2 ROLAP (relational OLAP) — исходные данные и результат их анализа хранятся в реляционных базах данных. Система проще, так как информация находится в обычных SQL-таблицах, но медленнее, чем MOLAP. ROLAP подходит для анализа обширных и подробных данных.

3 HOLAP (hybrid OLAP) — гибридная схема, соединяющая MOLAP и ROLAP. Первичная информация хранится в реляционной БД, а результат её анализа — в многомерном кубе. Этот вариант применяется чаще всего.

Самая интересная технология из всех этих — MOLAP. Софт для таких систем сложен, но интересен. Он может работать с разнородными источниками, при этом делать это быстро и эффективно, одновременно опрашивая множество таблиц. Однако удивительная способность опрашивать разных поставщиков — не самое главное, у таких систем есть набор инструментов для работы с данными.

Рассмотрим несколько представителей рынка многомерных БД для OLAP (рис. 1):

1. Greenplum — профессиональная БД, которая работает на основе PostgreSQL. Большая производительность, надежность и масштабируемость для тех, кому надо оперировать гигабайтами записей в режиме реального времени. Доступна в готовом и настроенном виде в облаке. Облачный сервис поможет развернуть многомерную базу данных в максимально короткие сроки.

2. Vertica — база, появившаяся в 2005 году со встроенными алгоритмами машинного обучения. Можно искать зависимости и считать кластеры на данных с помощью SQL-запросов, не написав ни строки кода .

3. Nadoop. Не нацелен на OLAP-процессы, но может выполнять роль ядра OLAP-системы. Качество и скорость будут страдать, но Nadoop прост и всегда под рукой — хороший вариант для быстрого прототипирования OLAP-систем. Также может интегрироваться с Greenplum.

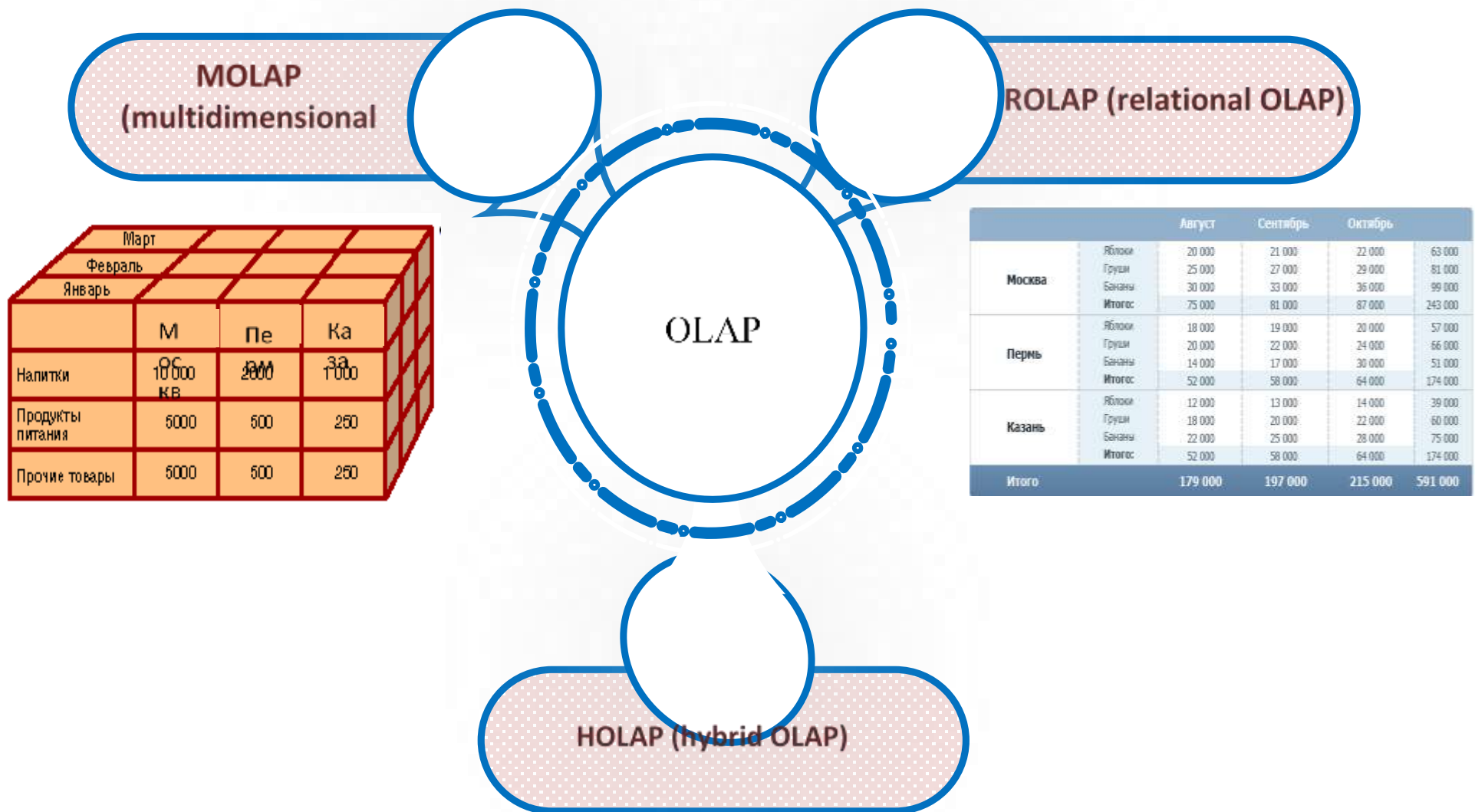


Рисунок 1 - Структура OLAP-систем.

OLAP-системами пользуются практически все, у кого много данных и необходимость принимать оперативные управленческие решения. С помощью OLAP-систем можно изучить потребности клиентов и оценить спрос товаров и услуг, управлять ресурсами компании, готовить любые виды отчетов, найти причины снижения выручки и прибыли, определить механизмы их устранения и так далее.

OLAP-система, как и любая другая онлайн-система, имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества OLAP-систем заключаются в следующих критериях:

1 Прямой доступ к данным — пользователь может извлечь и просмотреть любые существующие в базе данные.

2 Все данные в одном месте — OLAP позволяет создать общую платформу для поддержания всех аналитических процессов предприятия.

3 Неизменность данных — огромные массивы данных в OLAP обработаны заранее и хранятся в специальных неизменяемых архивах, что значительно ускоряет их комплексный анализ.

4 Быстрая детализация итоговых данных — многомерная структура хранения позволяет быстро представлять результат анализа данных с нужным уровнем детализации.

5 Универсальность — OLAP-системы отличаются гибкостью: пользователи могут извлекать произвольные данные, создавать любые отчеты и выполнять аналитические операции.

6 Возможность выявления скрытых зависимостей — многомерность данных помогает обнаружить скрытое влияние одних производственных процессов на другие.

7 Высокая скорость формирования отчетов — все данные рассчитаны заранее, поэтому для создания отчета нужно дождаться только вывода результатов в заданном виде.

Недостатки OLAP-систем заключаются в следующих критериях:

1. Сложность реализации. Построение многомерных кубов требует определения структуры, измерений и связей между данными. Это может потребовать участия специалистов. В качестве упрощения данного этапа возможно использование автоматизированных средств проектирования кубов.

2. Обеспечение производительности. При работе с большими объемами информации необходимо учесть совершенствование хранения и обработки данных для поддержки высокой производительности. Для этого рекомендуется применять технологии сжатия и классификации, а также регулярный мониторинг системы.

3. Обеспечение безопасности. Для обеспечения безопасности данных важно регулировать доступ к кубам с учетом ролей пользователей.

4. Согласованность данных. В условиях частых изменений данных важно иметь механизмы автоматического обновления многомерных кубов для обеспечения их актуальности.

5. Стоимость и инфраструктура. Реализация многомерных аналитических систем может потребовать дополнительных инвестиций в серверное оборудование, хранилища данных и специализированное программное обеспечение.

Несмотря на эти недостатки, технологии OLAP остаются значимым компонентом современного анализа. Развитие их функциональности, интеграция с искусственным интеллектом, облачными вычислениями и виртуальной реальностью, свидетельствуют о стремлении к совершенствованию.

OLAP — это BI-технология, в основе которой лежат OLAP-кубы. Важно отметить, что использование OLAP требует не только технической грамотности, но и понимания специфики бизнес-процессов.

OLAP-системы используются в логистике, онлайн- и офлайн-продажах, работе с клиентами и других сферах, где требуется собирать и анализировать большой объем данных.

И несмотря на то, что данную систему изобрел Эдгар Кодд (в 1993 году) — британский ученый — системы OLAP пользуются популярностью и используются во всем мире. В том числе и в России.

OLAP-системы существуют как в закрытом доступе, то есть необходимы затраты на их реализацию, так и в открытом доступе и не требуют особых затрат на ее использование.

Таким образом, OLAP могут использовать не только профессионалы своего дела, но и рядовые сотрудники, и даже студенты.

Библиографический список:

1. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / Холод Иван Иванович, Степаненко Валентин Владимирович: Учебное пособие, 2011.
2. Знакомство с OLAP: что это и как работает [Электронный ресурс].- <https://skillbox.ru/media/code/znakomstvo-s-olap-chno-eto-i-kak-rabotaet/> (дата обращения: 18.03.2024).
3. Что такое онлайн-аналитическая обработка (OLAP)? [Электронный ресурс].- <https://aws.amazon.com/ru/what-is/olap/> (дата обращения: 12.03.2024).
4. Введение в OLAP и многомерные базы данных [Электронный ресурс].- <http://www.olap.ru/basic/alpero2i.asp> (дата обращения: 16.03.2024).

УДК 336.144

Технология международных переводов в условиях санкций и возможные альтернативы системы SWIFT

Дмитрова О. В.

Научный руководитель – Шилова С. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В наш век технологий и возможностей часто возникает необходимость перевода денежных средств не только внутри страны, но и за границу. Самой часто используемой системой международных переводов является система SWIFT. Через нее подходит более 70% всех транзакций в мире. Для начала разберемся, как эта система работает.

Было бы ошибочно назвать SWIFT платежной системой, так как она в действительности не занимается переводом средств. SWIFT работает путем передачи распоряжений о транзакциях между финансовыми организациями с использованием кодов SWIFT.

Благодаря SWIFT банки по всему миру используют стандартизированные форматы IBAN (международный номер банковского счета) и BIC (банковский идентификационный код) для фактического перевода средств.

SWIFT присваивает каждой финансовой организации уникальный код из восьми или одиннадцати знаков. Этот код называется кодом SWIFT или кодом BIC. Он включает в себя код организации, код страны, код местонахождения (или код города) и код филиала для идентификации отдельных филиалов (рис. 1).



Рисунок 1 - Состав кода SWIFT (BIC).

Код IBAN и код SWIFT — отличаются друг от друга: если код SWIFT идентифицирует только банк, то IBAN идентифицирует и банк, и конкретный счет в банке (рис. 2). Соединенные Штаты не участвуют в системе IBAN и вместо этого используют номера маршрутизации АВА для внутренних платежей и коды SWIFT для международных платежей.

Если два банка имеют корреспондентские счета, перевод осуществляется сразу после получения сообщения SWIFT. Замечу, что корреспондентским счётом называется свет банка в других банках. Например, каждый российский банк с момента своего образования обязан иметь корреспондентский счет в Центробанке.

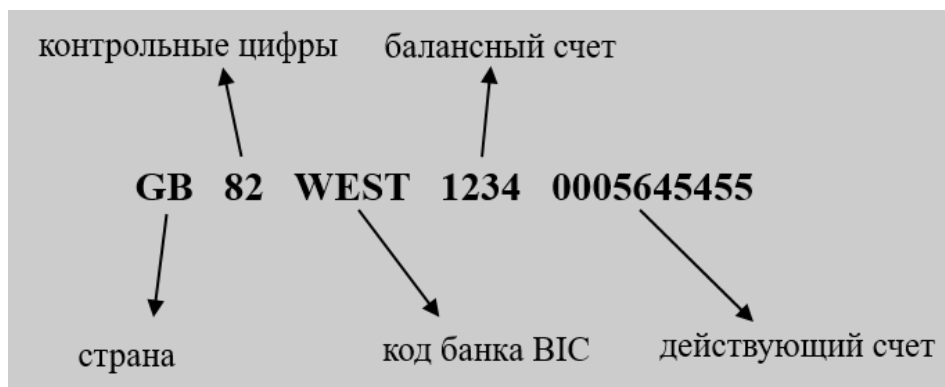


Рисунок 2 - Состав кода IBAN.

В данный момент Россия частично отключена от системы SWIFT. Точнее сказать, от нее отключено десять российских банков из числа крупнейших: Сбербанк, ВТБ, «Россельхозбанк», Московский кредитный банк, «Открытие», «Совкомбанк», банк «Россия», «Промсвязьбанк», «Новикомбанк», ВЭБ.РФ. Так как политическая ситуация не становится стабильнее, шанс того, что Россия будет полностью отключена от SWIFT только растет, поэтому стоит задуматься об альтернативах.

Какие же альтернативы системы SWIFT доступны сейчас России? Я расскажу о двух самых перспективных на данный момент. Первая альтернатива - это сервис, позволяющий передавать финансовые сообщения между организациями, — СПФС. Систему передачи финансовых сообщений запустили в 2014 году как альтернативу SWIFT. В 2020 году ежемесячный трафик в СПФС составил около 2 млн сообщений (рис. 3) — это на 20% больше трафика внутрироссийских сообщений, проходивших тогда через SWIFT. В 2021 году трафик вырос в полтора раза, а в 2022 — еще втрое, приблизившись к 10 млн сообщений. В 2023 этот показатель уже преодолел отметку в 16 млн сообщений в месяц. К началу 2024 года к системе подключилось более 550 банков и компаний, среди них более 160 иностранных представителей.

Ежемесячный трафик сообщений в системе СПФС

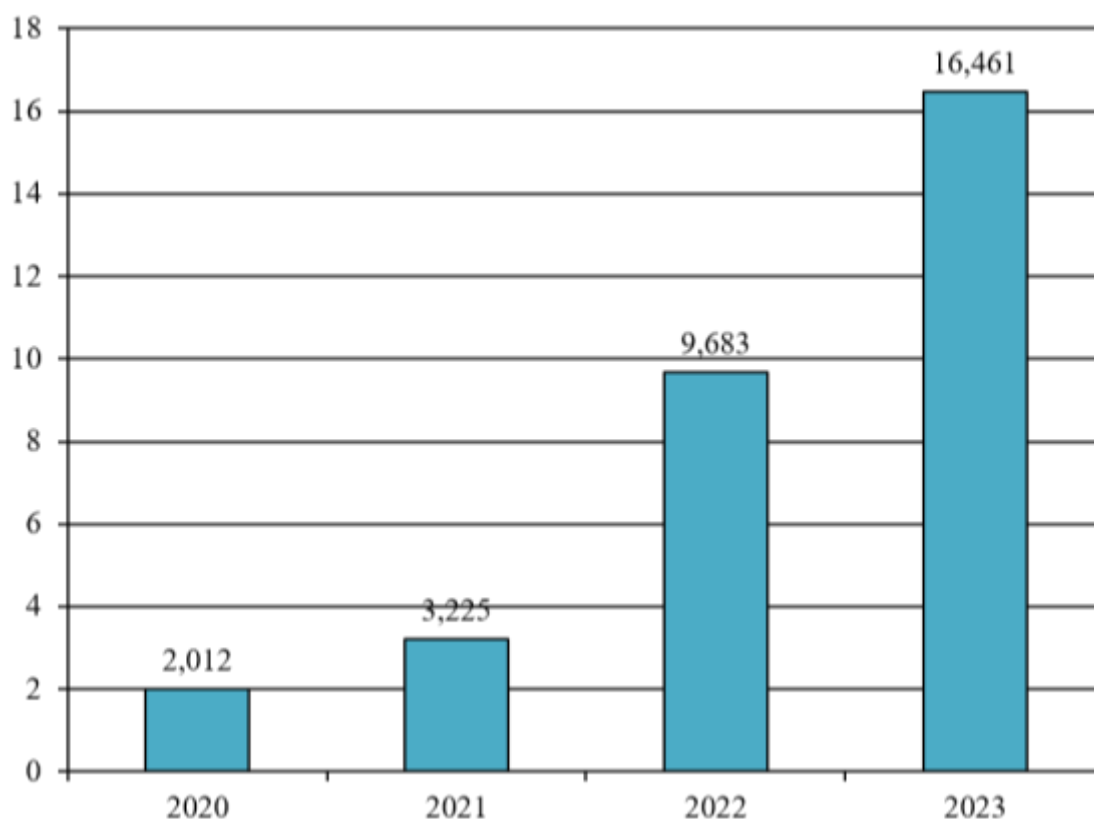


Рисунок 3 - Статистика ежемесячного трафика сообщений с системе СПФС, 2020 – 2023 гг.

В связи с активно развивающимся сотрудничеством России и Китая российские банковские системы постепенно внедряют использование китайского информационного пространства для передачи кодов платежей под названием CIPS (China International Payment System). Это вторая альтернатива. Создание пространства CIPS является продолжением курса ряда стран мира на дедолларизацию, а также способствует укреплению позиции юаня к доллару и евро как к резервным валютам. CIPS была запущена в начале осени 2015 г. Особенностью системы стало то, что сделки заключаются только в юанях, в то время как через SWIFT можно заключать их практически в любой валюте. Уже более 20 российских банков тестируют эту систему, некоторые уже заявили о готовности к полному отказу от SWIFT и переходу на CIPS.

Несмотря на то, что в России все еще остались банки, поддерживающие отношения с иностранными финансовыми организациями через систему SWIFT, многие банки проводят тесты для перехода на другие системы. Это связано с нестабильностью нынешнего политического положения. Если прекратить внедрение иных систем международных переводов, в случае отключения от SWIFT экономике России будет нанесен огромный ущерб. Именно поэтому использование систем СПФС и CIPS – это курс укрепления стабильности экономики страны.

Библиографический список:

1. Киберплат создал российский аналог Swift (Электронный ресурс). – Режим доступа: [<http://www.cnews.ru>].
2. Swift-угрозы и альтернативные платежные системы для БРИКС (Электронный ресурс). – Режим доступа: [<http://politobzor.net>].
3. Центробанк не поверил Swift (Электронный ресурс). – Режим доступа: [<http://news.rambler.ru>].
4. России нужны собственные финансовые магистрали (Электронный ресурс). – Режим доступа: [<http://www.cyberplat.ru>].
5. Создание Национальной Платежной Системы в России (Электронный ресурс). – Режим доступа: [<http://mir-procentov.ru>].

УДК 004.896

Использование искусственного интеллекта и нейронных сетей в современной экономике России

Головина К. К.

Научный руководитель – Шилова С. В.

Ухтинский государственный технический университет, г.Ухта, Россия

За последние несколько лет искусственный интеллект (далее ИИ) неожиданно стал необходимых и востребованных инструментом в нашей жизни. Он быстро внедрился во все сферы деятельности человека. Исходя из этого, появилась потребность в оценке внедрения ИИ в экономическую сферу и возможностей его использования в экономике.

Сегодня технологии искусственного интеллекта активно задействуют в таких сферах как промышленность, транспорт, медицина, ТЭК, образование, сельское хозяйство и многое другое. Для усиления потенциала данной технологии используют новые суперкомпьютеры. Они обучают модели ИИ решать различные сложные задачи, где необходим анализ большого объема информации, формируя базовые данные и правила, которыми ИИ руководствуется при принятии решений.

Проекты по внедрению ИИ часто получают поддержку со стороны государства. В 2021 году в России началась реализация Федерального проекта «Искусственный интеллект». В рамках этого проекта в ИИ планируют вложить около 24,6 млрд. Р в течение 5 лет. На сегодняшний момент времени уже было профинансировано создание 6 новых научно-исследовательских центров в крупнейших университетах страны и научно-исследовательских институтах. Были утверждены 62 национальных и 10 международных стандартов по разработке и внедрению ИИ. Эти стандарты ставят своей целью преодолеть нормативно-технические барьеры в реализации федерального проекта «Искусственный интеллект».

Согласно данным Национального центра развития искусственного интеллекта при правительстве России, в направлении интеграции программ ИИ в России лидируют финансовый, коммуникационный секторы и сектор информационных технологий. Уровень внедрения технологий искусственного интеллекта в этих сферах достигает 53% компаний. Далее по количеству использования технологий ИИ отмечают организации топливно-энергетического комплекса, промышленность, сельское хозяйство, транспортные компании и медицинскую сферу.

В 2022 году на поддержку компаний, занимающихся разработкой различных ИИ-решения, в виде субсидий направили около 3,5 млрд. рублей в виде целевых грантов. Всего в период с 2021 по 2023 год, по федеральному проекту "Искусственный интеллект", государство помогло примерно 406 проектам в сфере ИИ, а к концу 2024 года их количество планируется повысить до отметки в 569 проектов.

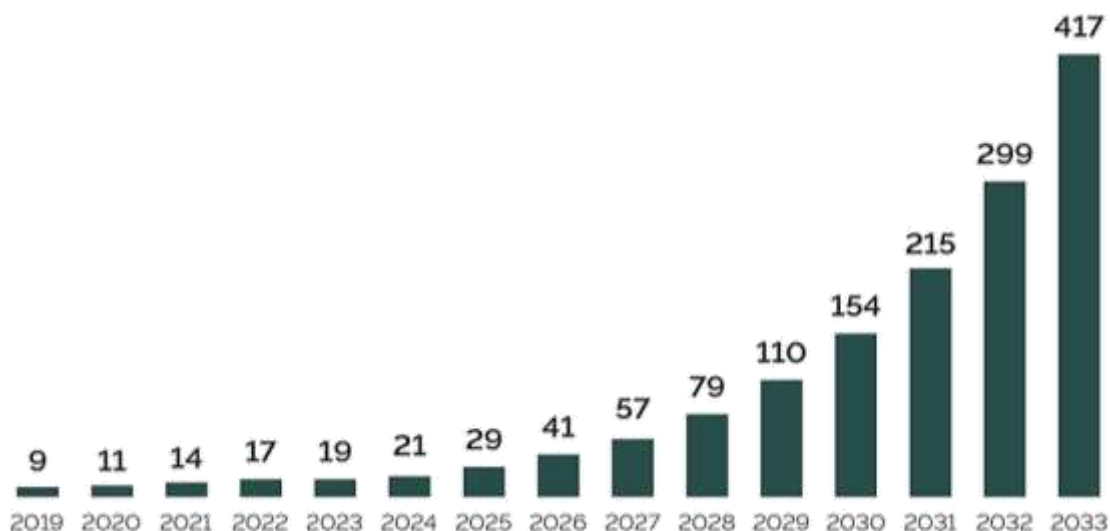


Рисунок 1 – Размер рынка ИИ в РФ, млрд руб.

В плане предполагаемого развития рынка искусственного интеллекта можно выделить две ключевые даты: 2024 и 2030 годы (рисунок 1). Первая дата представляет собой некий рубеж, перед пересечением которого планируется исправить все возможные недочёты и ошибки, а также максимально внедрить отечественные решения в сфере ИИ во все ниши экономики. На реализацию данных действий заложен бюджет в 29,2 млрд. рублей. Вторая дата относится к более глобальным целям.

Нейронные сети, как часть технологии ИИ, могут выполнять большое разнообразие функций. Рациональнее всего использовать нейросети для решения задач, которые требуют больших затрат времени и ресурсов на вычисления. Такие задачи появляются во всех сферах деятельности человека, вследствие чего нейросети используются повсеместно. К таким задачам относятся:

1) Прогнозирование. Нейросеть, на основе собранных информационных данных, может провести вычисления, которые предсказывают последствия определённых. Примерами могут служить:

- прогнозирование уровня спроса на новый товар или услугу;
- прогнозирование поведения определенной группы клиентов;
- анализ надёжности фирмы и определение вероятности её банкротства и др.

2) Диагностика. Нейросеть при оценке состоянии системы, определяет и предсказывает возможные нарушения и сбои функционирования программы.

3) Мониторинг. Данная задача включает в себя возможности нейросетей на сбор и обработку результатов различных действий и явлений, интерпретацию полученных данных в режиме реального времени, вынесение решений, на основе собранной информации, о необходимости принятия определённых мер для обеспечения эффективного результата поставленной задачи.

4) Проектирование. Нейросеть обладает функцией разработки пакета документов для создания объектов, систем в соответствии с заданными функциями.

5) Поддержка принятия решений. Нейросеть предоставляет совокупность рекомендаций, направленных на принятие эффективного решения.

Для примера использования ИИ в качестве инструмента анализа и прогнозирования возьмём статистику ВВП. В качестве инструмента была выбрана распространённая программа Chat GPT - чат-бот с генеративным искусственным интеллектом, разработанный компанией OpenAI. Программе были предоставлены данные об уровне ВВП с 2005 до 2015 года, и была поставлена задача просчитать объём ВВП с 2016 до 2023 года. Полученный результат сравнили с имеющейся реальной информацией (рисунок 2).

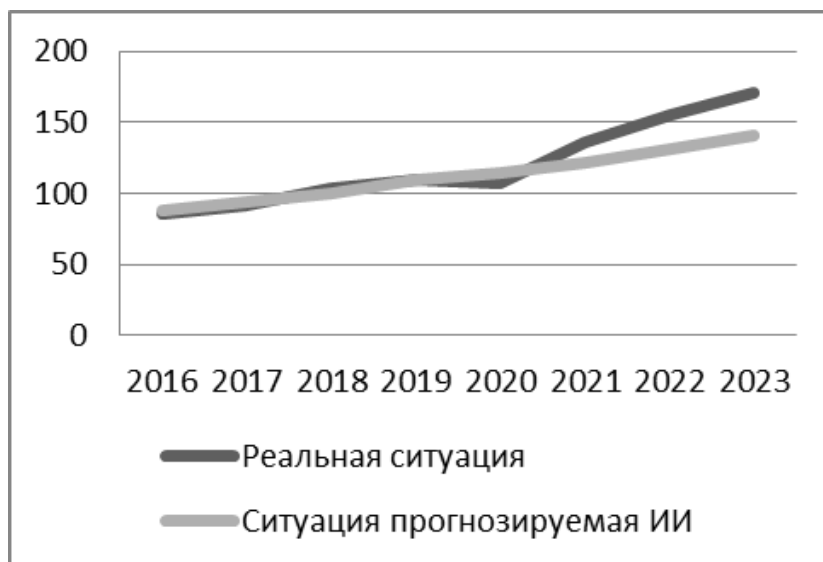


Рисунок 2 – Просчёт объёма ВВП ИИ при использовании данных с 2005 до 2015 года.

После этого были добавлены данные об объеме ВВП с 2001 по 2005 год. Перед нейросетью ставилась та же задача, но количество начальных данных увеличилось. Результат прогноза можно наблюдать на графике (рисунок 3).

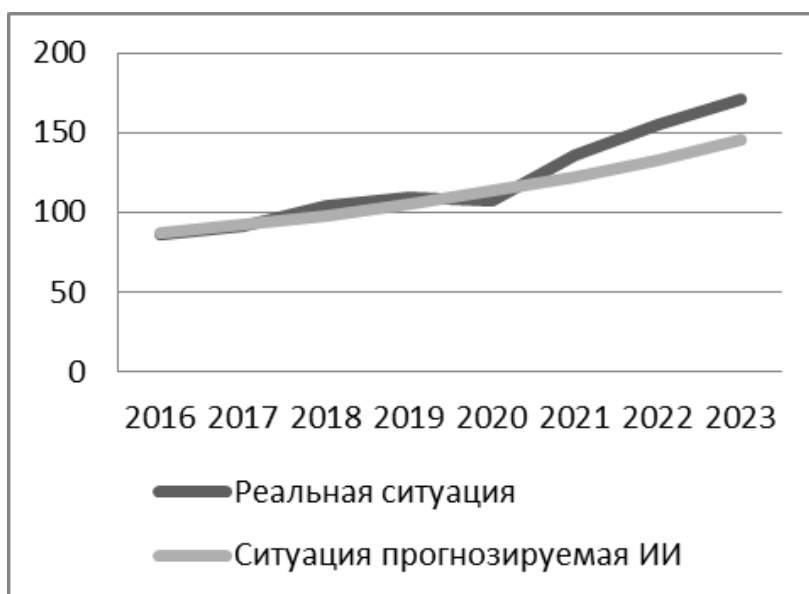


Рисунок 3 - Просчёт объёма ВВП ИИ при использовании данных с 2001 до 2015 года.

Дальше для примера анализа и прогнозирования данных была использована программа Excel. В программу были загружены все необходимые данные для расчёта ВВП до 2016 года. При помощи стандартных статистических формул были вычислены коэффициенты динамики роста необходимых для расчёта показателей. После по формуле расчёта ВВП, где ВВП = Национальный доход + амортизация + косвенные налоги — субсидии — чистый факторный доход из-за границы, были найдены примерные показатели ВВП с 2016 по 2023 год (рисунок 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Год	Объём ВВП,млрд руб	Курс доллара	Объём населения	ВВП России	ВНД России, млрд руб	Износ основных фондов, %	Уровень инфляции	Косвенные налоги,млрд руб	Субсидии, млрд руб	ЧДИФ
2	2005	21609,8	28,3	143,5	18	29200	43,6	12,7			
3	2006	26917,2	27,19	142,7	22,5	33600	46,3	10,71	1963	27,4	26894,7
4	2007	33247,5	25,58	142,2	28	38400	46,2	8,2	2884,5	77,1	33219,5
5	2008	41276,8	24,85	142	33,9	44700	45,3	12,56	2918,2	126	41242,9
6	2009	38807,2	31,85	141,9	32	35500	45,3	13,35	2618,7	173,6	38775,2
7	2010	46308,5	30,34	142,8	37,7	43100	47,1	8,02	3229,7	219,4	46270,8
8	2011	60114	29,39	142,9	45,4	52300	47,9	9,56	4221,7	262,7	60068,6
9	2012	68103,4	31,09	143	49,9	60200	47,7	4,16	4673,8	320	68053,5
10	2013	72985,7	31,82	143,3	54,1	69300	48,2	7,07	4747,2	360,3	72931,6
11	2014	79030	38,33	143,7	59,3	77700	49,4	6,05	5176,5	415,6	78970,7
12	2015	83087,4	61,15	146,3	65,2	78900	47,7	14,97	5380,6	518,7	83022,2
13	Ср коэфф					1,01075	1,00938		1,13018	1,44808	1,13857
14	2016	83035,83239				79748,175	48,147426		6081,046508	647,37654	85281,56
15	2017	82152,19589				80605,46788	48,59904886		6872,677142	807,974522	87602,41
16	2018	81465,12685				81971,97666	49,05490793		7767,362253	1008,41286	89467,05
17	2019	80724,18482				83105,80041	49,51504297		8778,517471	1258,57495	91416,2
18	2020	81764,46093				85997,18776	49,97949407		9921,304875	1470,79602	93457,4
19	2021	83898,12528				87921,65753	50,44830173		11212,86034	1617,80183	95433,5
20	2022	86257,52835				88866,81535	50,9215068		12672,5505	1779,50085	97451,38
21	2023	89120,02881				89822,13361	51,39915053		14322,26313	1821,36165	99511,93

Рисунок 4 – Прогнозируемые показатели ВВП с 2016 по 2023 год, просчитанные с помощью программы Excel.

Получившиеся показатели сравнили сначала с реальными данными роста ВВП, а потом данными, полученными в результате всех вышесказанных вычислений (рисунок 5). По получившемуся графику можно отметить, что ИИ наиболее приближен к реальной ситуации по объему ВВП, но программа Excel показывает более точно колебания роста ВВП. Так же замечено, что предоставление ИИ большего объема начальных данных ведет к более точным конечным результатам.

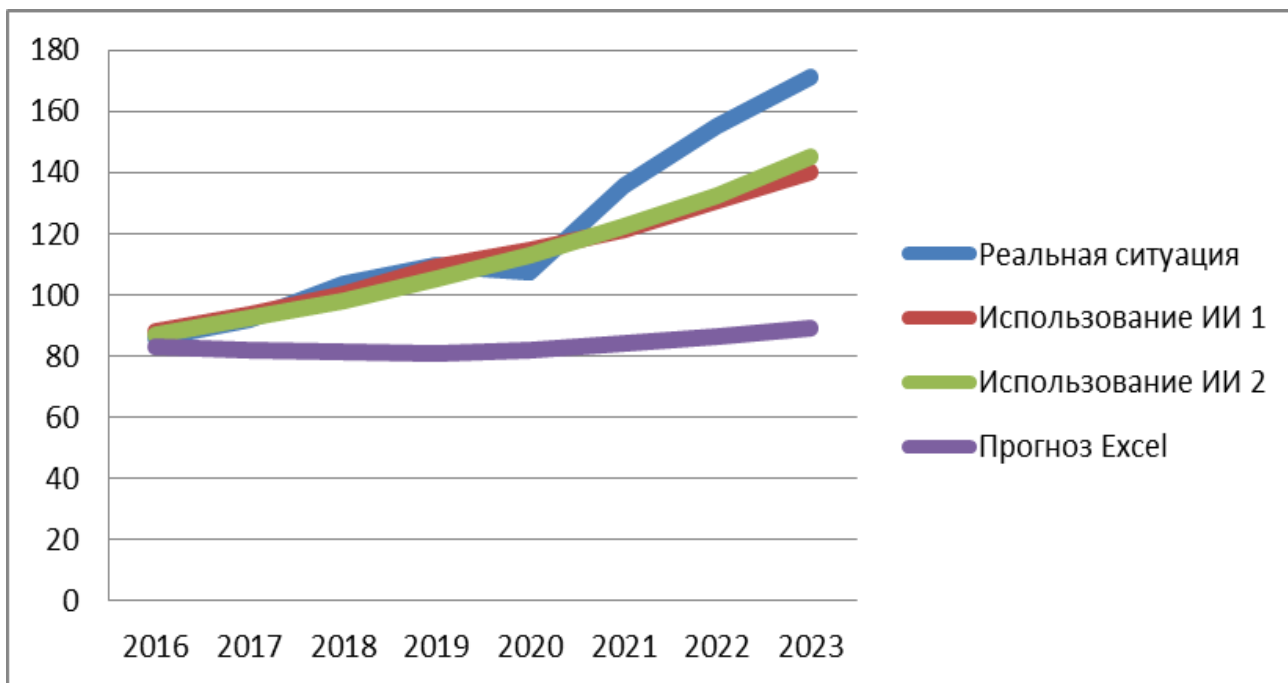


Рисунок 5 – Сравнение всех полученных данных объёма ВВП.

Выделяют существенные преимущества использования нейросетей в экономике:

1. Автоматизация процессов. Использование нейросетей позволяет компаниям улучшить эффективность своей работы и уменьшить затраты на найм и обучение персонала.

2. Анализ больших объёмов данных. Нейронные сети могут обрабатывать и анализировать огромный объём данных, который может быть слишком сложным и затратным для анализа человеком.

3. Повышение качества продукции и услуг. Нейросети помогают улучшать взаимодействие с клиентами, предлагая им разнообразный набор решений, основанный на индивидуальных потребностях и предпочтениях человека. Очевидное преимущество нейросетей также в том, что в отличие от человека, нейросети работают круглосуточно, что позволяет клиентам получать запрашиваемую информацию в любое время суток.

4. Прогнозирование будущих тенденций. Использование анализирующей и прогнозирующей функций нейросети, позволяет компаниям принимать более обоснованные решения и планировать свою деятельность на будущее, основываясь на спрогнозированных тенденциях рынка.

5. Ускорение и оптимизация процессов. Нейросети помогают автоматизировать не только рутинные, но и трудоёмкие задачи. Это значительно сокращает время и затраты на обработку и анализ данных, а так же улучшает эффективность производства.

6. Улучшение безопасности. Снижение рисков и расходов. Сервисы на основе ИИ помогают снизить риски, которые связаны с мошенничеством или ошибками в данных.

Отрицательные же стороны использования ИИ заключаются в:

1. Сложность разработки и обучения. Чтобы обучить продвинутую нейронную сеть, способную на решение трудоёмких задач, необходим большой объём данных и высокая квалификация специалистов. А для внедрения нейросети, требуются большие денежные и временные затраты. При этом существует большой риск утечки информации, которая используется для обучения нейросети.

2. Вероятность возникновения монополизации среди крупных компаний. Для поддержки нейросети необходимы большие денежные инвестиции для вычислительных мощностей, инфраструктур обработки данных, подготовки профессиональных кадров и тому подобного. Такие ресурсы есть только у крупных компаний и корпораций, вследствие чего возможен большой риск появления монополий и олигополий среди компаний.

3. Проблемы с интерпретацией данных и этикой. Не всегда можно просчитать путь принятия решений нейронной сети в конкретной ситуации. Важно не забывать критически оценивать полученные решения и рекомендации, ведь ответственность за принятое решение будет на нас.

Объем российского рынка искусственного интеллекта стабильно растет: с 2021 году, когда объем чуть превышал цифру в 550 млрд. руб., за год эта цифра возросла до 650 млрд. руб. По данным аналитиков, в 2025 году на технологии ИИ российские компании сэкономят около 1 трлн. руб.

Помимо этого, гранты на развитие ИИ получили примерно 800 отечественных компаний. Около 100 вузов страны включили в свои программы образования бакалаврские и магистерские направления в сфере искусственного интеллекта. Ключевым этапом развития ИИ должно стать внедрения искусственного интеллекта, на постоянной основе, в работу крупнейших компаний страны в разных сферах деятельности.

По данным Национального центра развития искусственного интеллекта при правительстве России, более 50% крупных российских компаний применяют нейросети в своей работе и производстве.

Общий уровень внедрения искусственного интеллекта в экономике России в 2023 году, по официальным данным, составлял 20%. Правительство планирует увеличить этот показатель до 50% к концу 2024 года. В январе правительство представило карту развития ИИ в стране. По прогнозу аналитиков предполагается, что доля технологий искусственного интеллекта в экономике страны к 2025 году составит 2%.

ИИ и нейросети уже сейчас стали мощным, постоянно развивающимся инструментом для финансовой сферы, который может помочь повысить такие показатели как скорость, безопасность, качество и доступность финансовых услуг. Несмотря на пользу в решение многих проблем и эффективность использования ИИ, важно помнить что решения, принимаемые ИИ, часто поднимают вопросы социальной ответственности. Скорость, с которой развивается и внедряется в нашу повседневную жизнь ИИ, должна тщательно контролироваться. Важно следить за развитием и применением нейросетей на законодательном уровне, ведь ИИ очень опасный инструмент в неподходящих руках.

Библиографический список:

1. Будущее сейчас. Как технологии искусственного интеллекта влияют на экономику и бизнес [Электронный ресурс]. - <https://sber.pro/digital/publication/budushhee-sejchas-kak-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-vliyayut-na-ekonomiku-i-biznes/> (16.03.2024)
2. Внедрение искусственного интеллекта: как государство поддерживает отрасль [Электронный ресурс]. - https://www.rbc.ru/technology_and_media/21/11/2022/6373b9d99a7947fa230d041d (16.03.2024)
3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОНОМИКЕ / О.В. Мельник // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» №12(69) Том 4. ДЕКАБРЬ 2023 г. – с. 1121 – 1127.
4. Как искусственный интеллект помогает в разных отраслях экономики России [Электронный ресурс]. - <https://www.rbc.ru/economics/19/10/2023/65300e6c9a7947a4b7a98be4> (16.03.2024)
5. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в России [Электронный ресурс]. - https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Национальная_стратегия_развития_искусственного_интеллекта (16.03.2024)

Обзор эффективности нейронных сетей в прогнозировании фондового рынка

Попов М. В.

Научный руководитель – Рочев К. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Аннотация. Одной из актуальных задач современного мира является задача прогнозирования, при решении которой в последние годы используют нейросетевые модели. Крупнейшие компании мира вкладывают огромные средства для выявления возможных рисков во всех отраслях, от бурения скважин до полетов в космос. В финансовом секторе задачи оценки рисков и одобрения кредитов, прогнозирования котировок и других финансовых задач активно передаются в руки искусственного интеллекта.

Введение

Существует множество различных архитектур нейронных сетей, и каждая из них подходит для определённого типа задач. Вот наиболее распространённые архитектуры:

— прямые нейронные сети (Feedforward neural networks, FNN) – искусственные нейронные сети, в которых сигнал распространяется строго от входного слоя к выходному. В обратном направлении сигнал не распространяется; [1]

— сверточные нейронные сети (Convolutional neural networks, CNN) – используются для обработки входных данных с пространственной структурой, таких как изображения, видео, временные ряды; [1]

— рекуррентные нейронные сети (Recurrent neural networks, RNN) – имеют обратные связи между нейронами, что позволяет им моделировать последовательные данные, такие как текст или временные ряды. [1]

Каждая из архитектур имеет свои преимущества и ограничения в зависимости от типа задач. Важно выбирать подходящую архитектуру для конкретной задачи и тщательно настраивать её параметры для достижения наилучших результатов.

Прямые нейронные сети (FNN)

Первая классическая архитектура – полносвязные нейросети прямого распространения.

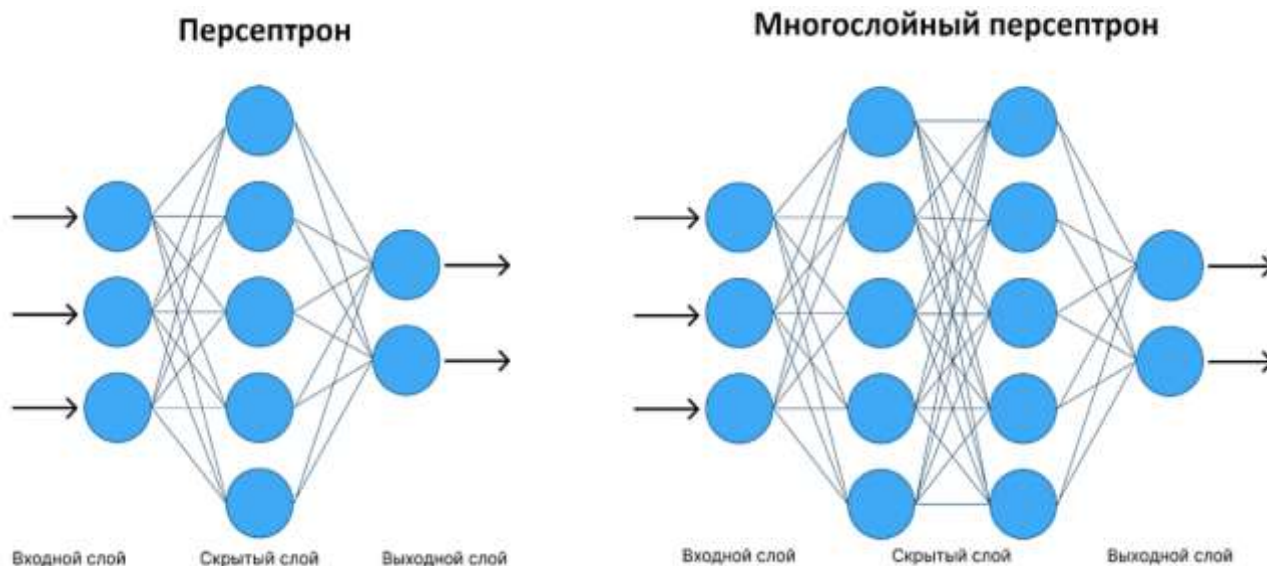


Рисунок 1 – структура персептрона и многослойного персептрона.

На рисунке изображены Персептрон и Многослойный персептрон реализующие многослойную полносвязную сеть, где каждый нейрон связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Данная сеть успешно решает множество задач: классификация, прогнозирование, распознавание образов, управление агентами, однако, у нее есть две существенных проблемы:

— много параметров, т.е. для обучения нужно очень много обучающих примеров, которые не всегда имеются;

— затухающие градиенты, в особенности при использовании многослойной архитектуры, уменьшающие скорость роста точности модели и веса модели экспоненциально во время обучения.

Вариации прямых нейронных сетей:

1. Автоэнкодер – цель этой нейросети взять какой-то вход, провести через себя и на выходе сгенерировать тот же самый вход, то есть чтобы они совпадали. Если обучить такую сеть, которая берет вход, прогоняет через себя и генерирует точно такой же выход, это значит, что, например 10 нейронов в середине достаточно для описания этого входа. То есть можно очень сильно уменьшить пространство, сократить объём данных, экономно закодировать любые входные данные в новых терминах 10 векторов.

Особенности автоэнкодера:

— учится создавать компактное описание входных данных;

— используется для уменьшения размерности и получения новых высокоуровневых признаков;

— может быть многослойным.

2. Неглубокая генеративная модель (Restricted Boltzmann Machine, RBM), которая учится генерировать данные с заданными характеристиками. Очень похожа на автоэнкодер, но в отличие от него стохастическая, т.е. каждый раз она будет генерировать что-то отличающееся от предыдущей версии.

Свёрточные нейронные сети (CNN)

Свёрточная нейронная сеть — класс нейронных сетей, который специализируется на обработке изображений и видео. Такие нейросети хорошо улавливают локальный контекст, когда информация в пространстве непрерывна, то есть её носители находятся рядом. Например, пиксели — части изображения, которые расположены близко друг к другу и содержат визуальные данные: яркость и цвет. Если в одном пикселе на фото или на рисунке нейросеть «видит» кошку, значит, и в соседних пикселях — тоже.

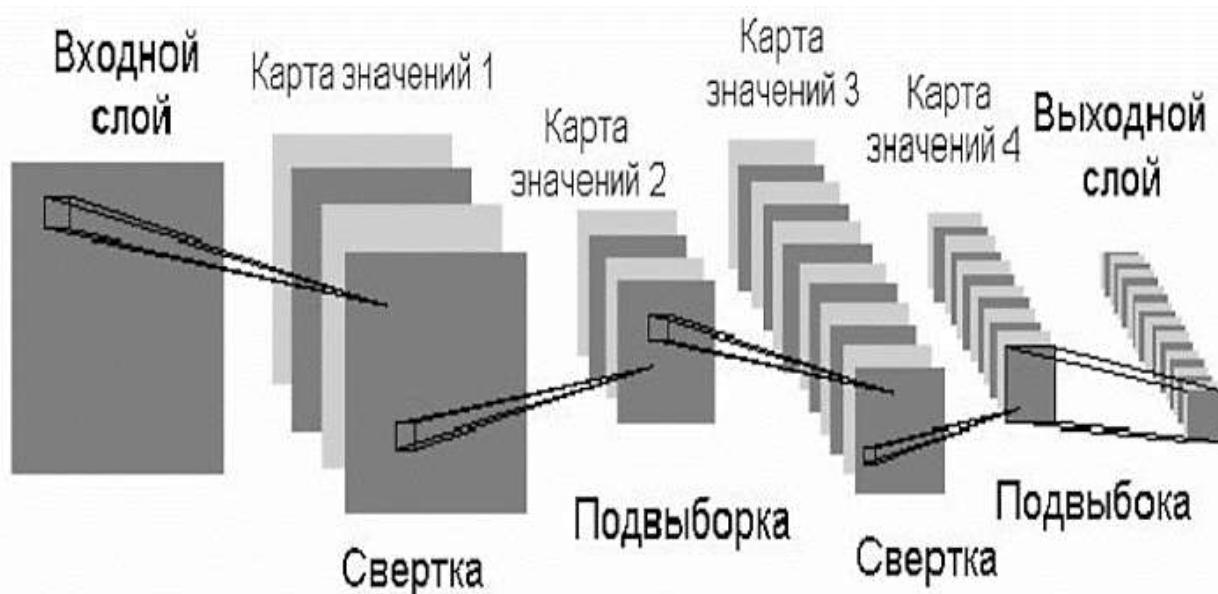


Рисунок 2 – архитектура типовой сверточной нейронной сети.

Чаще всего с помощью свёрточных нейросетей можно решать две задачи: распознавание и классификацию.

Структура свёрточных нейронных сетей похожа на воронку: всё начинается с общей картины, а потом фокус смещается на детали.

Свёрточные нейронные сети состоят из нескольких слоёв. Чем больше слоёв, тем мощнее архитектура и лучше обучение нейросети. Основные элементы свёрточной нейронной сети:

- свёрточный слой;
- пулинг;
- нормализация по батчу;
- полносвязный слой.

Во время свёртки нейросеть удаляет лишнее и оставляет полезное — то, что поможет проанализировать изображение. Например, линии, края или ровные области. Свёртку можно создавать для каждого признака.

После свёрточного слоя идёт слой пулинга. Из признаков, которые выделил свёрточный слой, выбирает самые важные, а несущественные удаляет. К результату, который получился во время пулинга, можно снова применить свёрточный слой и сделать несколько циклов.

Чем глубже слой сети, тем более сложные признаки она извлекает. На последних слоях нейросеть выявляет признаки и пытается соотнести их с конкретными изображениями и определить, что именно на них нарисовано.

Рекуррентные нейронные сети (RNN)

Благодаря обратным связям между нейронами появляется возможность обрабатывать серии событий во времени или последовательные пространственные цепочки. В отличие от многослойных перцептронов, рекуррентные сети могут использовать свою внутреннюю память для обработки последовательностей произвольной длины. В отличие от свёрточных нейронных сетей, которые идеально подходят для обработки изображений, RNN обладают способностью «помнить» предыдущую информацию и использовать ее для обработки текущих данных. Это делает их идеальными для задач, где контекст важен, например, при генерации текста или прогнозировании временных рядов. [5]

Существует много различных архитектурных решений для рекуррентных сетей от простых до сложных. В последнее время наибольшее распространение получили сеть с долговременной и кратковременной памятью (Long short-term memory, LSTM) и управляемый рекуррентный блок (Gated Recurrent Unit, GRU).

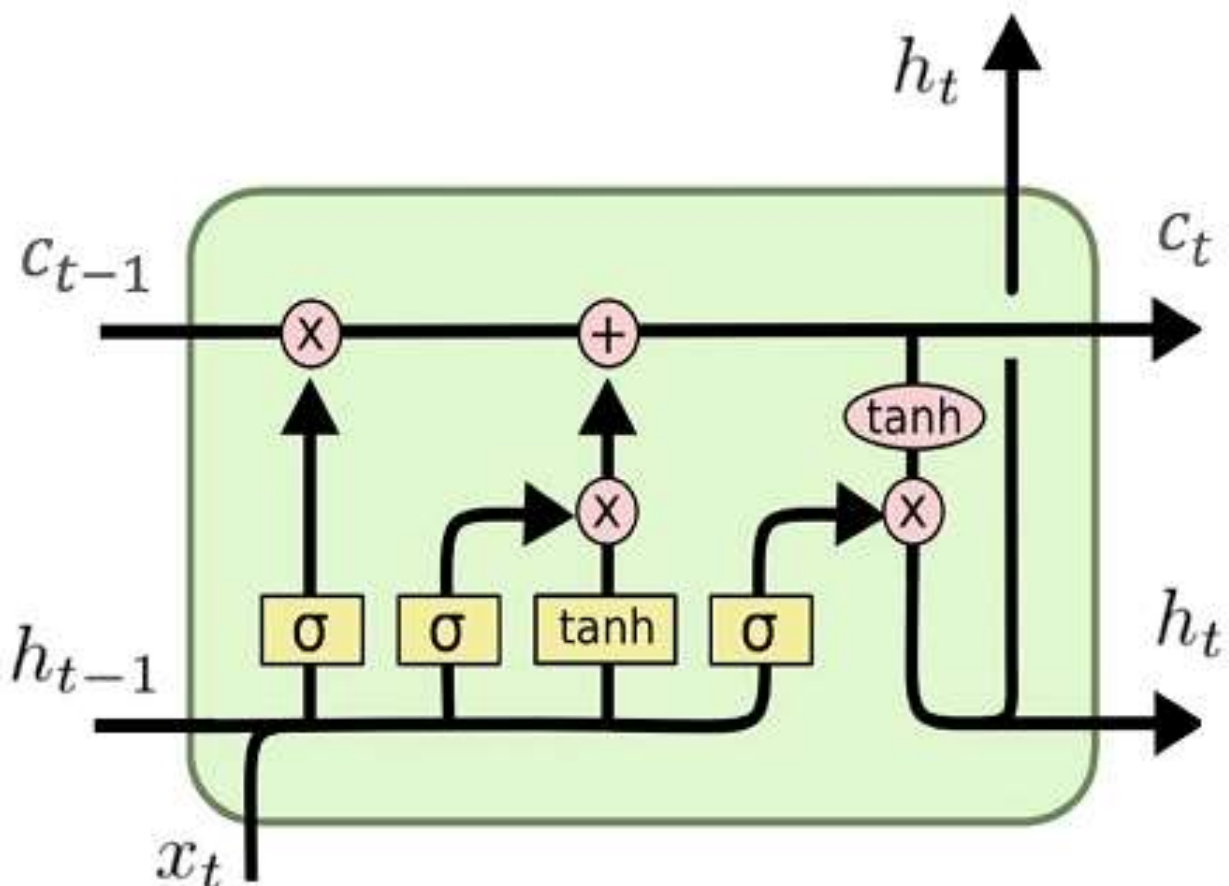


Рисунок 2 – архитектура LSTM блока.

Основной инновацией в LSTM являются три типа ворот: входные (input gates), забывания (forget gates) и выходные (output gates). Эти ворота позволяют модели решать, какую информацию сохранить, какую обновить и какую передать дальше. Такая структура позволяет LSTM обрабатывать данные с долгосрочными зависимостями, что было недостижимо для традиционных RNN.

Главные «болячки» RNN — это затухание и взрыв градиента. При обратном распространении ошибки в глубоких RNN, градиенты, которые используются для обновления весов, могут становиться либо слишком большими, что приводит к взрыву градиента, либо слишком маленькими, что ведет к затуханию градиента. Это создает серьезные препятствия для обучения, особенно при работе с длинными последовательностями данных.

Благодаря воротам забывания LSTM может избавляться от ненужной информации, что помогает предотвратить затухание градиента. Это позволяет LSTM обрабатывать гораздо более длинные последовательности данных, чем это возможно для стандартных RNN.

Входные и выходные ворота контролируют, какая информация должна быть сохранена в долгосрочной памяти и как она должна использоваться. Это обеспечивает более точное и эффективное распространение информации через сеть.

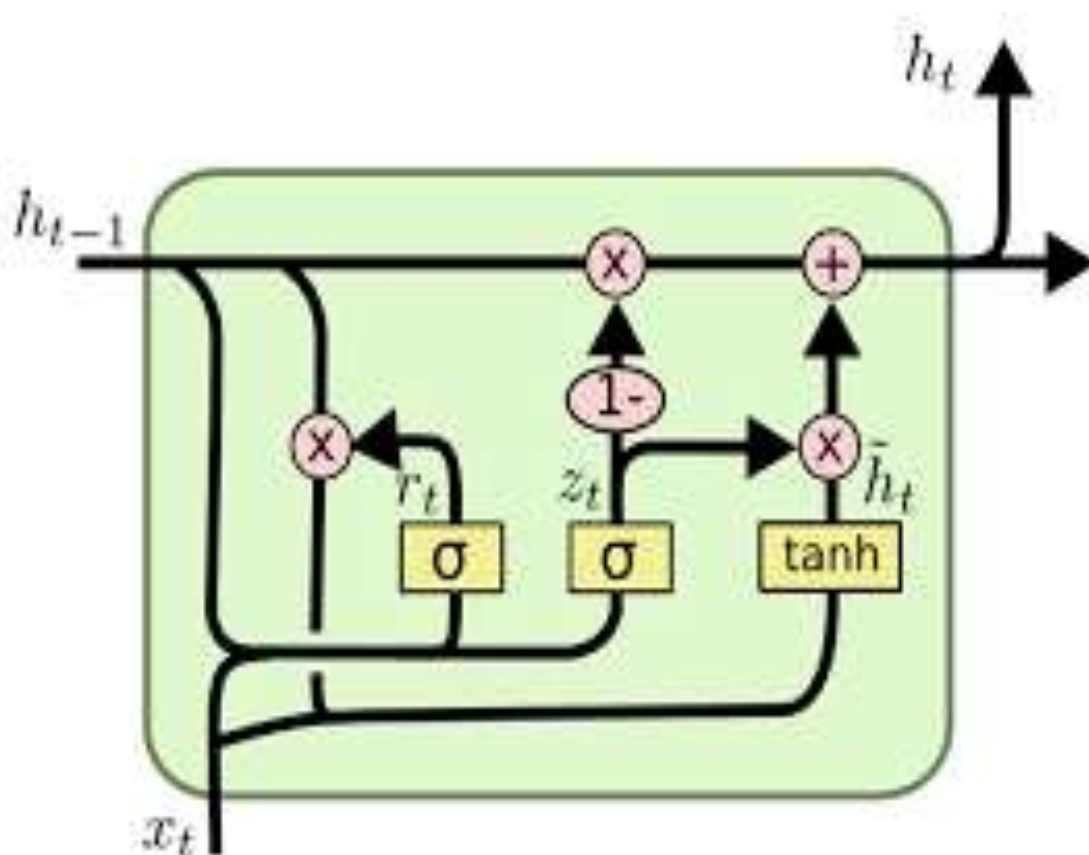


Рисунок 3 – архитектура GRU блока.

GRU является одним из видов рекуррентных нейронных сетей (RNN), аналогичным LSTM. Разработанная в 2014 году, эта архитектура была предназначена для упрощения и ускорения обучения по сравнению с LSTM, сохраняя при этом большую часть ее эффективности, особенно в задачах обработки последовательностей данных.

В отличие от LSTM, в GRU нет отдельного долгосрочного состояния ячейки. Состояние ячейки в GRU является комбинацией прошлого состояния и новых входных данных, модулируемых через обновляющие и сбрасывающие ворота. Это состояние обновляется на каждом шаге и переносит информацию по всей сети.

Ворота обновления в GRU контролируют, насколько новая информация будет влиять на состояние ячейки. Они определяют, какую часть прошлого состояния следует сохранить и какую часть текущего ввода следует учесть.

Ворота сброса помогают модели решить, какая информация из прошлого необходима для текущего выхода. Если ворота сброса близки к нулю, то это означает, что прошлая информация не будет учитываться, что позволяет модели отбросить нерелевантные данные.

В GRU нет отдельной ячейки памяти, как в LSTM. Вместо этого, она обновляет скрытое состояние напрямую. Ворота обновления помогают модели решить, какая часть предыдущего скрытого состояния должна быть сохранена. Это делается путем комбинирования прошлого состояния и новой информации.

Ворота сброса определяют, какая часть прошлого состояния важна для текущего ввода, а ворота обновления используют эту информацию для формирования нового скрытого состояния. Это позволяет GRU более гибко регулировать поток информации.

GRU выполняет серию математических операций для обновления своего состояния, включая использование сигмоидной функции для ворот и гиперболического тангенса для создания новых кандидатов на состояние. Эти операции помогают GRU динамически регулировать поток информации.

Заключение

Исходя из параметров решаемой задачи прогнозирования финансовых рынков с большим количеством данных наиболее подходящей архитектурой являются рекуррентные нейронные сети, в связи с необходимостью учета фундаментальных параметров ценной бумаги в соответствии с историческими данными.

Выбор между LSTM и GRU в конкретной задаче зависит от множества факторов, включая размер и природу данных, требуемую вычислительную мощность и конкретные цели проекта. Хотя LSTM имеет более сложную структуру и предоставляет лучшую сохранность информации на длинных последовательностях, GRU выигрывает за счет своей эффективности и скорости обучения на небольших до средних данных. [4]

Таблица 1 – Сравнение LSTM и GRU.

№ п/п	Параметр	LSTM	GRU
1	Количество ворот	Три типа: - ворота забывания (forget gates) - входные ворота (input gates); - выходные ворота (output gates)	Два типа: - ворота обновления (update gates); - ворота сброса (reset gates).
2	Состояние ячейки	Включает в себя отдельное состояние ячейки и скрытое состояние, что обеспечивает дополнительный контроль над потоком информации	Использует только скрытое состояние, что упрощает ее структуру
3	Управление информацией	Ворота забывания и входные ворота независимо контролируют поток информации, что позволяет более точно регулировать, какая информация сохраняется или отбрасывается.	Ворота обновления одновременно контролируют информацию, которая сохраняется из прошлого состояния, и добавляемую новую информацию, что приводит к более глобальной регуляции

При необходимости получения высокой скорости обучения при использовании малых вычислительных ресурсов GRU может быть оптимальнее по сравнению с LSTM, в связи с наличием более упрощенной архитектуры. В тоже время GRU может эффективно обучаться на относительно простых и малых наборах данных без снижения производительности.

Так как задача требует более детального управления информацией и использования долгосрочной памяти, LSTM может быть более подходящим выбором благодаря своей дополнительной сложности и дополнительному контролю над информацией, что может обеспечить повышенную точность в прогнозировании.

Библиографический список:

1. Введение в архитектуры нейронных сетей [Электронный ресурс]. - <https://habr.com/ru/companies/oleg-bunin/articles/340184/> (дата обращения – 30.03.2024)
2. Прогнозирование стоимости акций на основе нейросетевых моделей / К.С. Нешина // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – с. 26-48.
3. Использование нейросетей в прогнозировании фондового рынка / В.А. Сергеев // Москва. –2018. –
4. LSTM и GRU [Электронный ресурс]. - <https://habr.com/ru/companies/mvideo/articles/780774/> (дата обращения – 30.03.2024).
5. Рекуррентные нейронные сети [Электронный ресурс]. - https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%A0%D0%B5%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8 (дата обращения – 30.03.2024).

УДК 665.63

Предиктивная аналитика работы оборудования ООО «ЛУКОЙЛ-УНП» на основе программного обеспечения Kaspersky MLAD

Козлов Д. М.

Научный руководитель – Кудряшова О. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Российская Федерация – один из мировых лидеров по добыче и производству нефти. На территории государства действует свыше 50 предприятий, основными задачами которых является нефтехимия и нефтепереработка. Одним из таких предприятий является ООО «ЛУКОЙЛ-УНП», занимающееся подготовкой нефти к переработке, первичной и вторичной переработкой нефти, а также очисткой нефтепродуктов. Для достижения поставленных задач на заводе эксплуатируются следующие установки:

- АТ-1;
- АВТ;
- Висбрекинг;
- УПНБ;
- Риформинг с блоком БИБФ;
- ГДС-850.

На всех перечисленных установках используется многочисленное оборудование, а именно:

- резервуары;
- генераторы;
- фильтры;
- инсинераторы (устройства для термической утилизации отходов);
- нагреватели жидкости и газа;
- факельные системы;
- трубы;
- газовые компрессоры;
- теплообменники;
- паровые турбины;

- клапана;
- датчики;
- уровнемеры;
- газоанализаторы и т.д.

Важность работы оборудования на нефтепереработке не может быть недооценена. Каждая деталь и механизм играют ключевую роль в процессе превращения сырья в ценное топливо и другие продукты. Даже малейшее отклонение в работе объекта может привести к серьезным последствиям, включая аварии и остановки производства. Поэтому необходимо постоянно следить за состоянием и профилактикой оборудования, обеспечивая его бесперебойную работу. Только так можно гарантировать безопасность и эффективность всего процесса нефтепереработки.

Системы наблюдения, существующие на текущий момент на предприятии, построены вокруг контролирования заданных границ, что позволяет реагировать только на самые очевидные нарушения в работе оборудования. Объем данных таков, что даже оператору с высоким опытом работы практически невозможно уследить за всеми показателями, поэтому неполадки в работе могут долго оставаться незамеченными.

На помощь операторам и инженерно-технологическим работникам установок ООО «ЛУКОЙЛ-УНП» реализуется предиктивная аналитика обнаружения аномалий в работе оборудования на основе Kaspersky Machine Learning for Anomaly Detection - система, использующая методы машинного обучения для мониторинга за показателями объекта и выявления отклонений в работе оборудования до того, как эти отклонения станут представлять угрозу для производственного процесса.

Данное программное обеспечение может:

- обнаружить некорректную работу оборудования и предотвратить опасную ситуацию на ранних этапах;
- выявлять нестандартные действия работников и таким образом поможет раскрыть саботаж на предприятии;
- повысить эффективность технологических процессов посредством выявления и устранения сбоев;
- выявлять атаки злоумышленников, скрытно воздействующие на оборудование для выведения его из строя.

Kaspersky MLAD для работы использует следующие технологии:

- предиктивный детектор (предсказывает текущие значения параметров объекта, после чего сравнивается с фактически наблюдаемым поведением, работа предиктивного детектора представлена на Рисунке 1);
- диагностические правила (используется для выявления аномалий, причины возникновения которых заранее известны);
- анализатор сходства (для каждой вновь выявленной аномалии ищет такие же, которые были обнаружены ранее);
- потоковый процессор (приводит данные, поступающие от объекта наблюдения в реальном времени, к равно-интервальной временной сетке, необходимой для работы предиктивных детекторов и диагностических правил);
- процессор событий (анализ потока событий для выявления типовых паттернов, аномалией будет являться необычная последовательность действий, работа процессора событий представлена на Рисунке 2).

Внедряемая система не вмешивается в контур управления и в передачу данных, не требуется вносить изменения в оборудование или техпроцесс (Рисунок 3).

ООО «ЛУКОЙЛ-УНП» планирует приступить к опытно-промышленной эксплуатации предиктивной аналитики осенью 2024 года на установках АТ-1, АВТ и Висбрекинг, в рамках чего будет проведено исследование эффективности работы системы при различных моделях машинного обучения.

История

Tennessee Eastman Process

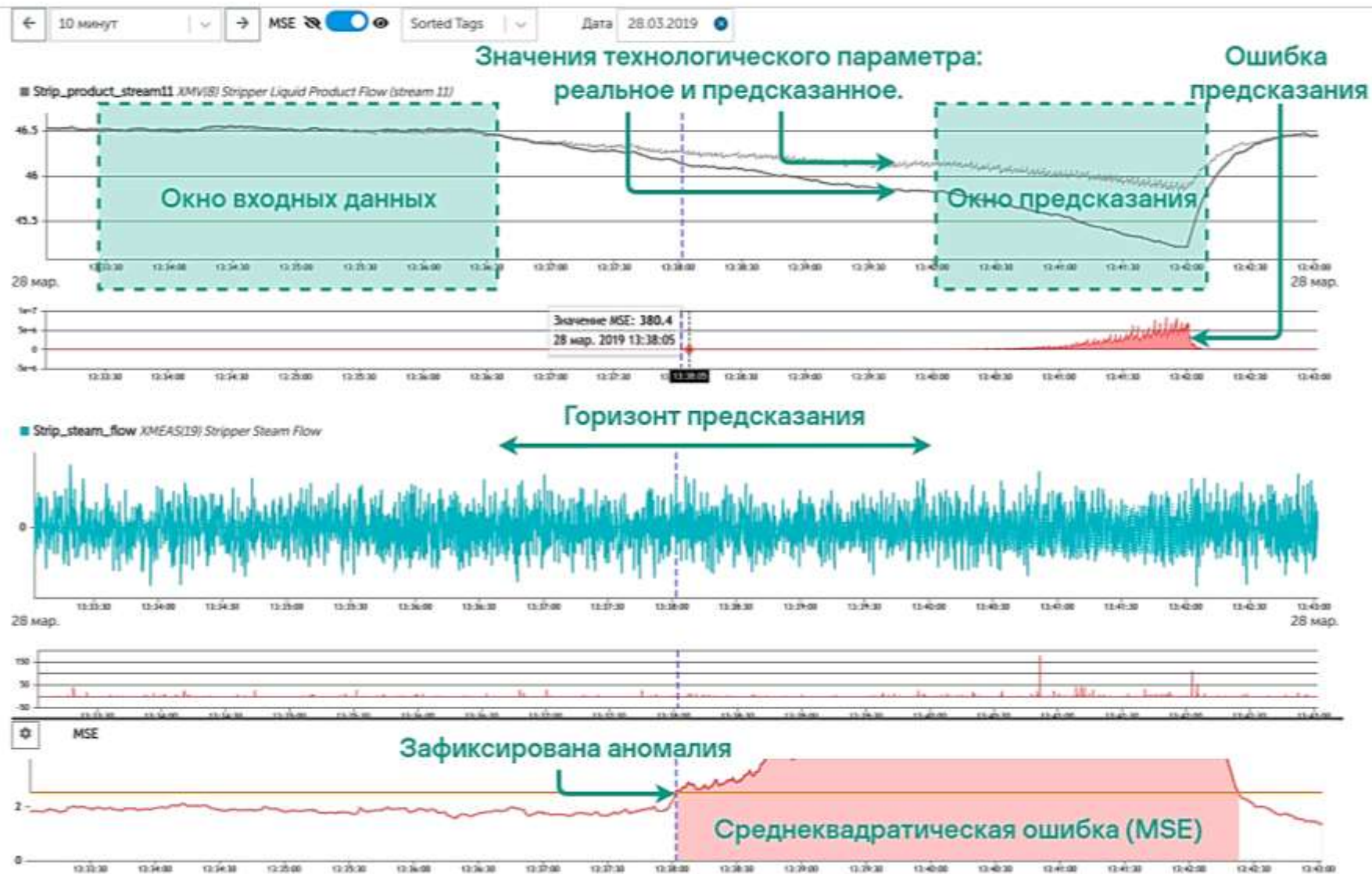


Рисунок 1 – Работа предиктивного детектора.

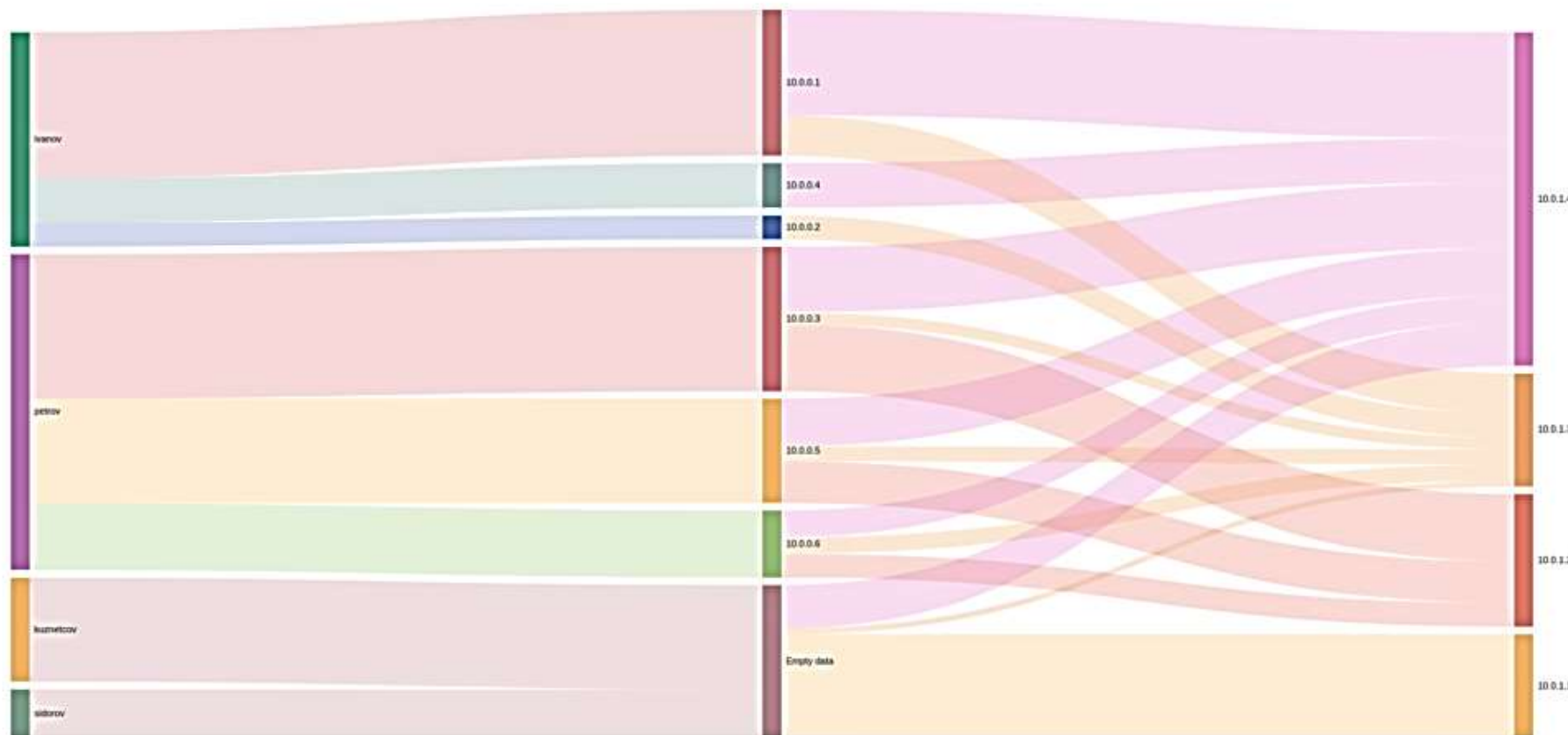


Рисунок 2 – Работа процессора событий.

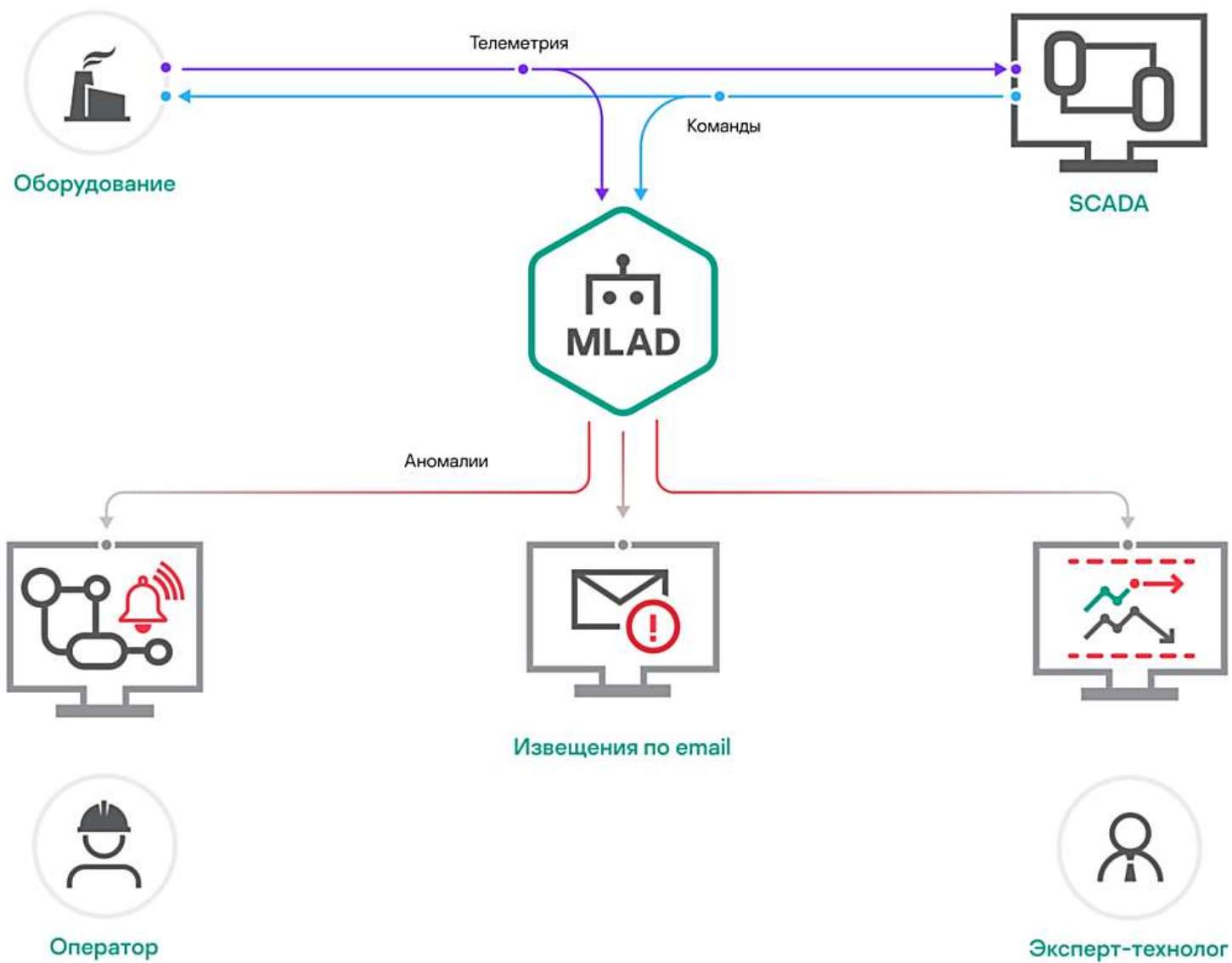


Рисунок 3 – Схема передачи данных при интеграции MLAD.

Библиографический список:

1. Использование предиктивной аналитики в обслуживании насосного оборудования [Электронный ресурс] – <https://burneft.ru/archive/issues/2023-07/32/> (дата обращения 09.04.2024).
2. Предиктивная аналитика: нефтегазовая промышленность, энергетика, далее – везде [Электронный ресурс] – <https://habr.com/ru/articles/596903/> (дата обращения 09.04.2024).
3. Kaspersky Machine Learning for Anomaly Detection [Электронный ресурс] – <https://mlad.kaspersky.ru/> (дата обращения 04.04.2024).

УДК 331.087

Исследование факторов, влияющих на результаты тестирования сотрудников по охране труда

Ведерников Д. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Зависимость результатов прохождения тестирования по охране труда от различных факторов, таких как возраст, должность и рабочий стаж, является важным аспектом в обеспечении безопасности и здоровья работников на производстве. Понимание того, как эти факторы влияют на результаты тестирования, может помочь организациям разрабатывать более эффективные программы обучения и обеспечения безопасности на рабочем месте.

Возраст сотрудников может оказывать влияние на результаты тестирования по охране труда. Молодые работники могут иметь более высокую склонность к риску и менее развитое понимание опасностей на рабочем месте, что может отразиться на их результате тестирования. С другой стороны, более старшие работники могут иметь больше опыта и знаний в области охраны труда, что может положительно сказаться на их результате.

Должность также играет важную роль в результате тестирования. Работники, занимающие более ответственные должности, часто имеют более высокий уровень обучения и осведомленности о правилах и стандартах безопасности на рабочем месте, что может привести к лучшим результатам тестирования. С другой стороны, работники с низким уровнем должности могут не обладать необходимыми знаниями и навыками для успешного прохождения тестирования.

Рабочий стаж также может оказывать влияние на результаты тестирования. Работники с большим опытом работы могут иметь более глубокое понимание опасностей на рабочем месте и умение применять правила безопасности в повседневной практике. Однако, работники с меньшим стажем также могут быть более открытыми к новым знаниям и информации по охране труда.

Порядок проведения мероприятия нужно соответствующим образом оформить. Прежде всего, нужно помнить, что проводить экзамен может только специальная комиссия.

Если проверка знаний проводится на территории работодателя в комиссию должны входить ответственные сотрудники, а для ее создания необходимо выпустить соответствующий приказ.

Далее, если проверку знаний решено проводить в виде тестирования работник должен дать все ответы на тесты по охране труда, после чего комиссия рассматривает результаты, заносит их в протокол и высказывает свое решение.

Минимальный процент для прохождения тестирования – 80 из 100 процентов.

Для проведения исследования были взяты данные о результатах прохождения тестов работников Коми энергосбытовой компании. Исследование рассматривалось в рамках 3 основных параметров: должности, возраста и рабочего стажа. В исследовании участвовало 30 человек.

Результат исследования зависимости процента прохождения теста от должности сотрудника показал, что наилучшие показатели набрали люди в должности инженера в управление балансов тепловой энергии и инженера теплоинспекции (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость процента прохождения теста от должности.

№ п/п	Должность	Процент прохождения теста
1	Специалист в сектор по работе с физическими лицами	84
2	Специалист в сектор по работе с разногласиями, сбору и обработке внешних данных	89
3	Контролер энергонадзора 2 разряда	93
4	Инженер в управление балансов тепловой энергии	98
5	Специалист по обслуживанию клиентов	85
6	Инженер	95
7	Инженер теплоинспекции	97

Результат исследования зависимости процента прохождения теста от возраста сотрудника показал, что наилучшие показатели набрали люди в возрасте 35-40 и 40-45 лет (таблица 2).

Таблица 2 - Зависимость процента прохождения теста от возраста.

№ п/п	Возраст	Процент прохождения теста
1	20-25	84
2	25-30	89
3	30-35	93
4	35-40	98
5	40-45	97
6	45-50	95
7	50-55	96

Результат исследования зависимости процента прохождения теста от должности сотрудника показал, что наилучшие показатели набрали люди с рабочим стажем 10 - 15 лет (таблица 3).

Таблица 3 - Зависимость процента прохождения теста от должности рабочего стажа.

№ п/п	Рабочий стаж	Процент прохождения теста
1	0-1	84
2	2-5	89
3	5-10	93
4	10-15	98
5	15-20	95

В рамках исследований были выявлено влияние таких факторов как должность, возраст и трудовой стаж сотрудников на прохождение тестирования по охране труда. Понимание зависимости результатов тестирования по охране труда от данных факторов поможет организациям разрабатывать программные продукты по проведению тестирования сотрудников, в которых учитывались бы особенности человека, тем самым подбирая более индивидуализированные программы обучения и обеспечения безопасности на рабочем месте. Обучение и информирование работников о правилах и стандартах безопасности должны быть доступны для всех категорий работников, независимо от их возраста, должности и стажа работы. Только так можно обеспечить безопасное и здоровое рабочее окружение для всех сотрудников.

Библиографический список:

1. Обязательное тестирование специалистов по охране труда [Электронный ресурс]. - <https://coko1.ru/articles/protection/obyazatelnoe-testirovanie-specialistov-po-ohrane-truda-v-2023-godu/> (07.04.2024).
2. Обязательное тестирование специалистов по охране труда [Электронный ресурс]. - <https://coko1.ru/articles/protection/obyazatelnoe-testirovanie-specialistov-po-ohrane-truda-v-2023-godu/> (07.04.2024).
3. Как проходит обязательное тестирование специалистов по охране труда [Электронный ресурс]. - <https://itecompany.ru/blog/obzor-kak-prohodit-obyazatelnoe-testirovanie-speczialistov-po-ohrane-truda> (08.04.2024).
4. Организация проверки знания требований охраны труда [Электронный ресурс]. - https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405174/1b5a88b58b9467b42b7b4991e435bba1d7d193ed/ (08.04.2024).
5. Проверка знаний по охране труда: периодичность и способы тестирования [Электронный ресурс]. - <https://www.startexam.ru/journal/likbez/proverka-znaniy-po-okhrane-truda-periodichnost-i-sposoby-testirovaniya/> (08.04.2024).



СЕКЦИЯ 6. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК:511

Теория Коллатца. Эксперимент с отрицательными числами

Сурай С. А., Романов И. А.

Научный руководитель – Мотрюк Е. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Гипотеза Коллатца - одна из тех теорем математики, которую сформулировали и описали ещё в 1937 году, но так и не доказали. Ей занимался Лотар Коллатц - немецкий математик, работавший в области численного анализа и ставший наиболее известным благодаря одноименной теории, проблеме и формуле.

Гипотеза сформулирована следующим образом: независимо от выбранного начального натурального числа n , последовательность, получаемая путем деления четных чисел на 2 и умножения нечетных на 3 и добавления 1, всегда сойдется к единице (рис. 1). Данная гипотеза до сих пор не была полностью доказана, и ученые продолжают исследовать ее, чтобы найти формальное доказательство или опровержение.

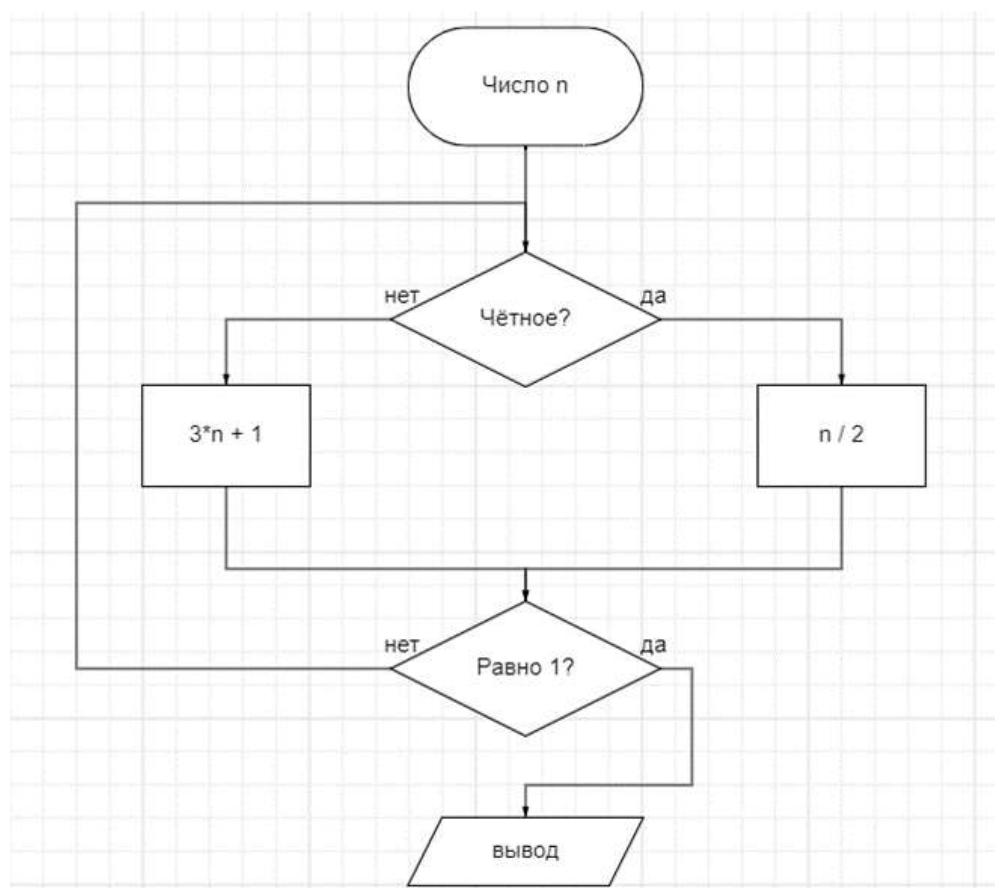


Рисунок 1 – Схема прохождения числа по циклу.

- (1) $f(n) = \frac{n}{2}$, если n чётная;
- (2) $f(n) = 3n + 1$, если n нечётная.

Но в данной статье теория Коллатца будет рассматриваться с непривычной точки зрения. Исходное определение теории рассматривает только положительные числа, так как требуется брать натуральное начальное число n . Однако почему нельзя использовать другие? В проблеме Коллатца отрицательные числа на прямую не изучаются, но можно применить некоторые логические рассуждения, чтобы увидеть, что отрицательные числа тоже подходят: когда мы

начинаем с отрицательного числа m , мы можем следовать тем же правилам, как и с положительными, то есть использовать (1) и (2) формулы. Но будем ли мы приходить к такому же результату, как и с натуральными числами? А что, если взять ноль за начальное?

Цель работы: исследовать закономерности отрицательных чисел в теории Коллатца при помощи написанной программы.

Инструменты: язык программирования C++, теория Коллатца.

Для начала рассмотрим число 0. Данное число по умолчанию является чётным и, вдобавок, в рамках гипотезы Коллатца, последовательность операций (1) или (2) должна привести к значению 1. Однако при исходном условии с нулем гипотеза становится неопределенной. Если взять нулевое значение для n , то операция умножения на 3 приведет к нулю, а операция деления на 2 не будет иметь смысла. Результатом будут бесконечно повторяющиеся значения 0, что противоречит цели гипотезы - достичь значения 1. Именно поэтому берут натуральные числа, так как взаимодействие с нулём не приводит к чёткому ответу.

Итак, теперь перейдем к отрицательным целым числам. Закономерности или какой-либо общей формулы для них в гипотезе Коллатца нет, а ее применение к отрицательным числам не является традиционным решением. Но что происходит, когда мы продолжаем выполнять операции (1) и (2) на отрицательных числах?

Для любого целого положительного числа, проходящего цикл Коллатца, рано или поздно получается 4, затем закономерно — 2 и в конце 1. И после этого нельзя будет выйти из этого цикла ни при каких условиях, будет постоянно получаться цепочка 4–2–1. И это произойдет с любым числом, с какого бы не начался цикл. Это значит, что будет бесконечное количество повторений.

При работе с отрицательными числами было обнаружено, что такая цепочка пропадает и вместо неё появляются три совершенно новые. И любое отрицательное число войдет в один из этих циклов.

Самая малая цепочка — это цикл из двух чисел: $(-2) - (-1)$.

Вторая цепочка состоит уже из пяти элементов: $(-20) - (-10) - (-5) - (-14) - (-7)$.

Третья цепочка состоит уже из восемнадцати элементов: $(-68) - (-34) - (-17) - (-50) - (-25) - (-74) - (-37) - (-110) - (-55) - (-164) - (-82) - (-41) - (-122) - (-61) - (-182) - (-91) - (-272) - (-136)$.

Для облегчения процесса подсчёта чисел, была написана программа, самостоятельно производящая расчёты и записывающая результат в текстовый документ в формате «Входящее число – Цикл, в который попало входящее число; число, которым попало в цикл – Количество итераций». Благодаря этому, было легче следить за экспериментом и намного удобнее анализировать дынные.

Реализация кода

Для написания кода был выбран язык программирования C++, так как реализация программы на нём будет более производительной и эффективной, что очень важно при обработке большого объёма данных.

Программа начинает свою работу с генерации случайного числа в диапазоне от одного до 2,000,000,000,000,000. Затем это число копируется для того, чтобы не потерять изначальное значение. Далее происходит проверка на то, является ли число уже частью цикла — это все числа, через которые возможно попасть в один из трех циклов. Затем следует проверка на принадлежность к первому циклу, и пока число не достигнет значения минус два (число первого цикла), все действия будут повторяться. После этого происходят две проверки на вхождение во второй и третий цикл.

Когда число после действий (1) и (2) принимает значение, которое входит в один из трёх циклов, то считается, что оно вошло в цикл, и программа завершает свою работу. В случае, если число не соответствует ни одному из этих значений, проверяется его четность, и согласно теории Коллатца выполняются соответствующие действия (1) и (2). Если число четное, оно делится на два, в противном случае умножается на три и прибавляется один.

Весь процесс повторяется, пока число не примет одно из указанных значений. При этом все данные записываются в отдельный файл, и после этого генерируется новое число, которое пройдет аналогичный цикл обработки.

```

void __fastcall TForm1::AnalyzeClick(TObject *Sender)
{
int i, Num, copyNum, lastNum, Iterations=0, Cycle = 1;
Num = -1 * (rand() % 2000000000000000 + 1);
copyNum = Num;
Edit1 -> Text = Num;
if (Num != 0 || Num != -2 || Num != -14 || Num != -20 || Num != -50
    || Num != -122 || Num != -164 || Num != -110 || Num != -74 ||
    Num != -68 || Num != -272 || Num != -182)
{
    while (Num!= -2)
    {
        Cycle = 1;
        // Проверка на числа 2 цикла
        if (Num == -20 || Num == -14)
        {
            Cycle = 2;
            break;
        }
        // Проверка на числа 3 цикла
        if (Num == -50 || Num == -122 || Num == -164 || Num == -110 ||
            Num == -74 || Num == -68 || Num == -272 || Num == -182)
        {
            Cycle = 3;
            break;
        }
        if (Num % 2 == 0) Num = Num / 2;
        else Num = (Num * 3) + 1;
        Iterations++;
        lastNum = Num;
    }
    else Num = -1 * (rand() % 100000000 + 1);
    // Открываем файл New.txt для добавления данных в конец файла
    std::ofstream outfile("New.txt", std::ios_base::app);
    // Записываем данные Num, Cycle, Iterations в файл, разделяя их пробелами
    outfile << "Число: " << copyNum << "    " << "Цикл, число: " << Cycle << ", " << lastNum
    << "    " << "Итерац.: " << Iterations << std::endl;
    // Закрываем файл после записи
    outfile.close();
}

```

Апробация программы

Мы проверили программу на разных отрицательных числах и результат, записывающийся в файл, приведен в (Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3, Таблица 4, Таблица 5).

Таблица 1 – Пример чисел №1.

Число	-7	-12	-37	-90	-1024	-2344	-4644
Итерации	1	5	1	6	9	43	37
Цикл	№2	№1	№3	№3	№1	№3	№1
Принимает значение	-20	-2	-110	-50	-2	-122	-2

Таблица 2 – Пример чисел №2.

Число	-34567	-85306	-99999	-100000	-300000	-366985	-500000
Итерации	125	34	188	51	97	126	59
Цикл	№2	№3	№3	№3	№2	№1	№2
Принимает значение	-14	-50	-122	-122	-14	-2	-14

Таблица 3 – Пример чисел №3.

Число	-700000	-2957890	-3468479	-3570980	-4571563	-6357386	-8388608
Итерации	90	90	82	104	88	81	22
Цикл	№3	№2	№3	№3	№2	№1	№1
Принимает значение	-122	-14	-122	-50	-14	-2	-2

Таблица 4 – Пример чисел №4.

Число	-8475636	-1000000000000000000	-39847608770465879	-98765432109876543
Итерации	84	246	452	355
Цикл	№1	№1	№2	№2
Принимает значение	-2	-2	-14	-14

Таблица 5 – Пример чисел, сгенерированных случайным образом.

Число	-345	-853	-979	-134	-312	-366	-578	-865	-321	-836
Итерации	41	50	27	4	15	23	34	70	97	19
Цикл	№1	№1	№1	№3	№1	№1	№3	№2	№2	№3
Принимает значение	-2	-2	-2	-50	-2	-2	-50	-12	-12	-74

Отличия при работе с отрицательными числами

В работе с положительными числами есть только один цикл. В то время как при работе с отрицательными числами циклов становится три, в которых число может заиклиться.

После того как мы проверили гипотезу на определенном множестве чисел мы нашли три закономерности:

Ни один цикл для отрицательных чисел не приводит к единице.

В отличие от положительных чисел, отрицательные числа не всегда попадают в цикл только через одно определенное число. Для 1 цикла, входящим числом является «-2», для 2 цикла – это уже два числа: «-20» и «-14», а для 3 цикла – это ряд чисел: «-50», «-122», «-164», «-110», «-74», «-68», «-272» и «-182».

В отличие от положительных чисел, отрицательные могут попадать в цикл не только начиная с первого числа в цикле (для положительных – это начало всегда начинается с «4» в цикле «4-2-1»), но и в середину и конец цикла, что видно в пункте 2.

Заключение

В данной работе рассматривалась гипотеза Коллатца с необычной точки зрения: вместо использования и проверки только положительных чисел, были выбраны отрицательные числа и все действия производились только на них. Ноль не рассматривался по той же причине, по которой он не рассматривается при использовании положительных чисел.

Отрицательные числа имеют свои особенности в арифметике, но они также являются частью класса целых чисел, из-за чего к ним можно применять те же принципы теории, что и к положительным. Но, несмотря на это, исследования показывают, что даже при применении тех же правил, последовательность для отрицательных чисел может быть неопределенной и может давать различные результаты в зависимости от выбранного начального числа. Результатом данной работы стали полученные закономерности.

Математические гипотезы, такие как эта, продолжают вдохновлять и покорять умы ученых, привлекая их в бесконечный мир чисел и формул. Несмотря на то, что проблема Коллатца не является разрешенной, увлекательность ее исследования остаётся неизменной и миру только предстоит найти её решение.

Библиографический список:

1. Карнелли В. - Некоторые естественные обобщения проблемы Коллатца. - изд-во Applied Mathematics E-Notes – 2015. – 10 с.
2. YouTube - Самая простая нерешённая задача — гипотеза Коллатца [Veritasium] - [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=QgzBDZwanWA> (дата обращения: 12.12.2023)
3. MathTutor [Электронный ресурс]. – URL: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Collatz/> (дата обращения: 15.12.2023)
4. Wolfram MathWorld [Электронный ресурс]. – URL: <https://mathworld.wolfram.com/CollatzProblem.html> (дата обращения: 27.12.2023)

УДК 510

Влияние математического образования на образ мышления

Володина М. В., Южакова И. В.

Научный руководитель – Терентьева Е. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В нашей реальности бытует стереотип о том, что математика не может пригодиться в повседневной жизни и необходимость ее изучать зависит лишь от рода деятельности. Такое мнение закрепилось в следствии высказываний людей, кто не связал свою жизнь с математикой. Мы хотим развеять этот миф и показать, как сильно математическое образование влияет на разные аспекты жизни каждого из нас.

Многие люди развиваются узконаправленно и ограничивают себя в получении знаний в области математики. Мы хотим показать значимость изучения математики для человека любого рода деятельности. Возможно многие об этом не задумывались, но математика, как одна из самых древнейших наук стоит базисом в нашем понимании мира. Она охватывает огромное количество сфер нашей жизни и в настоящее время.

Современный человек каждый день решает разные математические задачи. Конечно, для решения этих задач высшая математика не нужна, однако, базовые математические знания понадобятся.

- распределить ежедневные и ежемесячные траты;
- высчитать, сколько плитки и обоев понадобится для ремонта;
- подсчитать калорийность рациона;
- рассчитать физическую активность;
- проанализировать, куда и сколько вложить средств.

Помимо этого, математика — это междисциплинарный предмет, который нужен для освоения других профессиональных сфер.

В литературоведении арифметика нужна для выяснения стихотворного размера, а статистический анализ текста используется для определения авторства.

Музыкальное образование начинается со счёта для развития чувства ритма, а художественное — с рисования простейших геометрических фигур.

В социальных науках математика помогает понять связи или отношения между площадью и населением, выраженными в числах, и ситуацией в регионе или стране.

Письменный перевод (лингвистическая дисциплина) уже стал разделом компьютерных наук и, в своей теоретической части, математики.

Формулы классической логики, которая объединяет философию и юридическое образование, прочно связаны как с математической теорией множеств, так и с булевой алгеброй, лежащей в основе современных компьютеров.

Каждый из нас в разной степени сталкивался с математикой в своей жизни. И даже если вы этого не замечаете, ее след в вашем мозгу влияет на вас по сей день. Чтобы узнать связь между изучением математики и мозговыми способностями человека, мы провели опрос среди различных категорий людей.

Он включал такие вопросы:

1. Возраст;
2. Образование (гуманитарное, математическое);
3. Хорошие ли оценки были по математике;
4. Связана ли ваша актуальная работа с математическими науками?
5. Блок вопросов с алгебраическими задачами;

Были предложено выполнить действия:

- 1) Вычислите $2 + 2 \times 2 - 2 : 2 + 1$
- 2) Сравните дроби $1/3, 2/4, 3/5, 2/3$?
6. Блок задач на логику;

Например,

- 1) Какое слово должно стоять в скобках?

10. (ИЗБА) 2 1; 9 10 (..?..) 14 1.

2) Вика съела 5 яблок. Игорь съел редисок на 2 меньше, чем Вика съела яблок. Ирина съела столько груш, сколько фруктов съели Вика и Игорь вместе взятые. Сколько груш съела Ирина?

7. Блок заданий на память, внимательность.

Например, напишите имя персонажа из блока задач на логику, который съел 5 яблок.

Получили следующие результаты опроса (рис. 1):

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОСА:

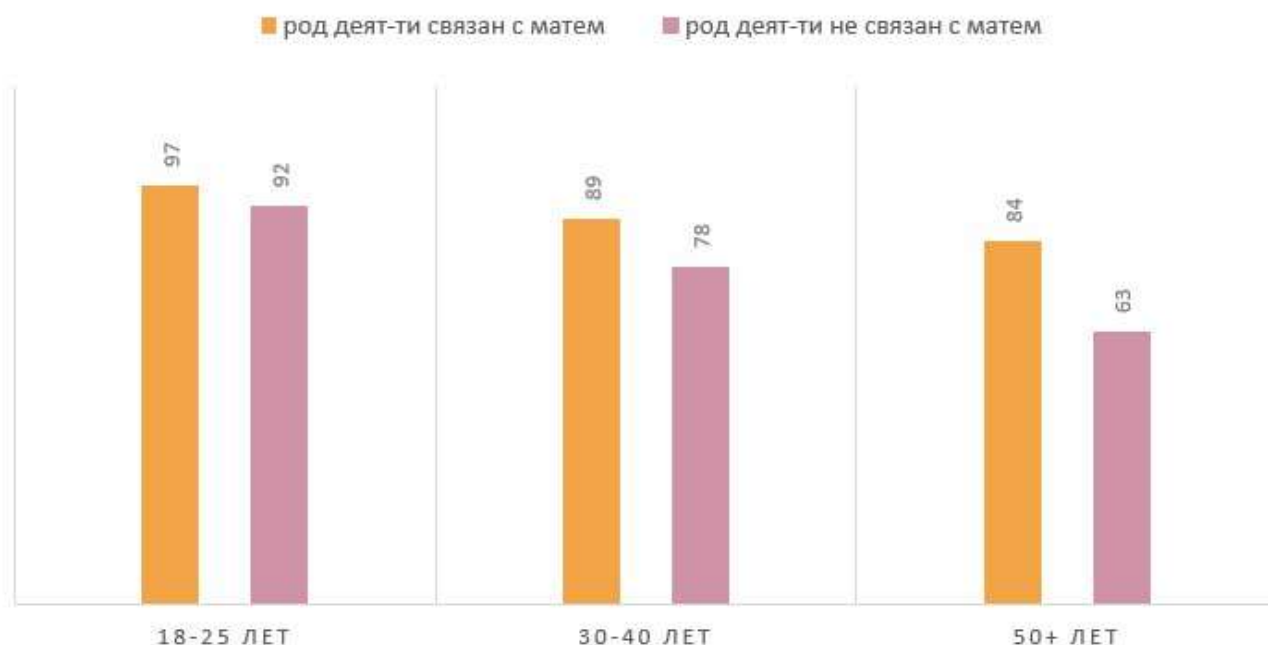


Рисунок 1 – Результаты тестирования.

Чем больше прошло времени с момента выпуска человека из учебного заведения и чем старше человек, тем хуже и медленней он справлялся с тестом. Исключение составляли люди, чья жизнь и после учебы связана с математическими науками. Получается, с возрастом внимательность, память и способность быстро строить логические связи утрачивается, но пластичность мозга все же можно поддерживать с помощью математических упражнений.

Покажем, как именно тренировать наш мозг и почему человек может прокачивать свой интеллект на протяжении всей своей жизни.

Нейронные связи играют решающую роль в формировании и развитии интеллекта, появлении устойчивых привычек. Человек рождается с огромным запасом нейронов и малым числом связей между ними. В ходе взросления, жизнедеятельности, взаимодействия с окружающей действительностью, накопления опыта количество связей увеличивается, что обуславливает интеллектуальные и физические свойства личности, ее поведение и уровень здоровья.

Нейропластичность – это свойство мозга меняться в результате получаемого опыта, а также восстанавливать утраченные связи при определенных обстоятельствах. Иными словами, когда мы учимся – в мозге происходят физиологические изменения, примерно так, как меняется наше тело при занятиях спортом. Причем возможность мозга меняться не ограничивается возрастом. Значит непрерывное повторение старого в совокупности с изучением нового – полезно для мозга.

Многочисленные исследования нейропластичности показали, что развитие одних способностей может косвенно «потянуть» за собой улучшение других.

В одном эксперименте учёные из Стэнфорда провели для младших школьников четырёхнедельную образовательную программу для развития когнитивных навыков счёта, сравнения и упорядочивания чисел. По итогам программы дети не только улучшили свои результаты в математике, но и заметнее проявили установку на рост — то есть у них выросла убеждённости в том, что они могут развивать свои интеллектуальные способности, прилагая усилия. Это сопровождалось изменениями в функциональной связанности таких областей мозга, как передняя поясная кора, полосатое тело и гиппокамп, а также повышением активности этих участков при выполнении когнитивных заданий.

В течение своей жизни у нас формируются разнообразные виды мышления. Их совокупность представляет собой для каждого из нас набор инструментов, с помощью которых мы осваиваем новые умения. Например, с применением аналитического мышления человек обрабатывает новую информацию, анализируя ее и формируя суждения на основе представленных аргументов. Чем больше разнообразных типов мышления и чем более они развиты, тем шире у человека арсенал средств для познания окружающего мира, усвоения новых знаний и их применения.

На развитие любого типа мышления влияют уже приобретенные человеком качества.

Первое что приходит на ум: логическое и критическое мышление, умение анализировать. Эти качества идут в противовес наивности, заставляя человека взвешивать решения и сомневаться, что, к примеру, может его уберечь от того, чтобы быть обманутым, от попадания на крючок мошенников. Данные качества полезны для каждого индивида, независимо от сферы деятельности и увлечений. Профессионалы гуманитарных специальностей не смогли бы достичь своего мастерства без умения критически оценивать ситуации и анализировать их. Без этих способностей психологи, философы, литературоведы не смогли бы проводить анализ, сопоставлять факты и делать выводы.

Такие навыки пригождаются не только на работе, но и в повседневной жизни: с их приобретением мы также приобретаем и способность анализировать свой опыт, грамотно превращая его в жизненный урок, каждый раз совершенствуясь.

Эта способность так же влияет на интуицию индивида. Хоть многие и привыкли считать интуицию чем-то непостижимым и эфемерным, она является постоянным не осознаваемым нами трудом нашего мозга. Это лишь мера, которая определяет сколько у нас за плечами опыта и как хорошо его обработал мозг, чтобы в будущем в похожих ситуациях уметь примерно предугадать результат событий.

Мы уже упомянули креативность, но с ней математика привносит в ваш ум способность абстрактно мыслить, развивает пространственное мышление. Постигая такие качества, ребенку легче дается реализация творческого потенциала.

Так же математические упражнения способствуют развитию оперативной памяти.

Математика тренирует мозг, делает его более гибким. Как физические упражнения важны для подвижности и здоровья тела, так и доказательства теорий и поиск закономерностей развивает мозг и тренирует память. Для этого необязательно решать профильную математику, достаточно обычных задачек. Не зря различные задачки и примеры математики советуют людям, изучавшим математику последний раз в школе, для поддержания живости ума и профилактики деменции. Учеными доказано, что развитие ранних математических способностей является одним из главных факторов успешной учебы школьников практически по всем остальным предметам.

Для всех желающих сохранять ум молодым и подвижным мы подготовили буклет с онлайн-тренажёрами (рис. 2).

Мы отобрали лучшие сервисы для тренировки

Для чего это мне нужно?

- Развитие разных типов мышления
- Тренировка ума и памяти
- Расширение кругозора

Откройте камеру, наведите на QR-код и обучайтесь

Платформа для улучшения производительности мозга и развития познавательных функций.

Платформа геймифицирована: вы становитесь частью целого игрового мира со своей валютой, титулами, рейтингами.

Сервис оценивает 23 когнитивные способности пользователя

Как правильно учиться

- **Регулярность:**
Выполняйте упражнения каждый день или через день. Ведь это несложно!
- **Отслеживайте результаты:**
Так у вас будет постоянная мотивация
- **Серьёзно подходите к выполнению заданий**
Помните, вы учитесь для себя!

Следуя этим простым правилам, вы обязательно увидите результат ваших трудов

viraz.hy
m_volodina

3

Рисунок 2 – Буклет.

Библиографический список:

1. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М : Изд-во Наука. - 1977. – с. 861-870. Текст: непосредственный.
2. Дорогина, О. И. — Нейрофизиология : учеб. пособие — И-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 100 с. — Текст: непосредственный.

За последние несколько лет нейросети проникли в огромное количество сфер нашей жизни. Так, за последние два с половиной года частота использования нейросетей возросла более чем в 800 раз. А в 2023 году из новых компаний «единорогов» на область ИИ приходилось 84%, или около 200 стартапов.

При этом потенциал нейросетей ещё больше, однако реализовать его в полной мере мешают несколько факторов. Главным из них является тот факт, что на обучение и оптимизацию нейросети требуется огромное количество вычислительных ресурсов. На сегодняшний момент, в области ИИ вычислительные ресурсы не успевают за развитием отрасли. Ввиду этого многие ученые работают над вычислительно-эффективным методом оптимизации нейросетей. Одним из перспективных в этом смысле методов является весовое смешение нейросетей.

Основная цель данной работы анализ оптимизационного смешивания весов нейросетей с точки зрения математики.

Задачи: Выделить формульное представление части НС участвующей в смешении;

Исследовать математические методы оптимизации;

Рассмотреть проблемы, возникающие при использовании данных методов;

Выявить их причины и разработать способы борьбы с ними;

Разработать программу для автоматизации оптимизационного смешения весов нейросетей;

Провести количественный анализ результатов.

Идеи смешать веса разных нейросетевых моделей в одну более качественную не новы. Уже 5 лет ученые работают над смешением ИИ разных модальностей. Однако долгое время подобные эксперименты не имели успеха ввиду малых масштабов и неверного понимания требуемых действий. Существенного продвижения в этой области удалось достичь лишь в последние полтора года, благодаря увеличению размеров моделей и применению математических техник из АЦП и компьютерной графики [1].

Полное математическое описание трансформерной нейросети крайне сложно, поэтому для упрощения восприятия выделим ту часть, которая непосредственно участвует в весовом смешении модели – так называемое весовое тело модели (Рисунок 26 **Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Его можно представить в виде формулы:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n a_i h(w_i^T x + b_i)$$

Где $h(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ – функция активации, в нашем случае – сигмоида. a_i, b_i, w_i – весовые коэффициенты модели, полученные в результате обучения. X – внешний параметр.

Метод смешения, рассматриваемый в данной работе, имеет название SLERP. Алгоритм данного метода таков: Векторы взвешенно нормализуются; вычисляется угол между ними; после чего производят суммирование с учетом взвешивания (Рисунок 27). Продолав это между всеми векторами получаем итоговую модель [2].

$$1. \hat{v}_0 = \frac{v_0}{\|v_0\|}; \hat{v}_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|} \quad 2. \text{dot} = \hat{v}_0 * \hat{v}_1$$

$$3. \text{если } \text{dot} \approx 1, \text{ то } v_2 = (1 - t) * v_0 + t * v_1$$

$$\text{иначе: } 1) \theta_0 = \arccos(\text{dot}) \quad \theta_t = \theta_0 * t$$

$$2) s_0 = \frac{\sin(\theta_0 - \theta_t)}{\sin(\theta_0)}; s_1 = \frac{\sin(\theta_t)}{\sin(\theta_0)}$$

$$3)v_2 = s_0 * v_0 + s_1 * v_1$$

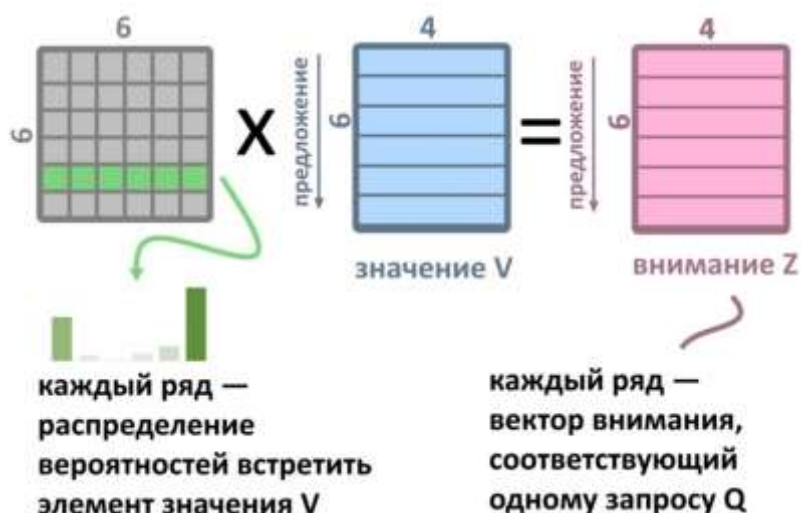


Рисунок 26 – Весовое тело модели.

У любого воздействия на вектора модели – будь то смешение весов или дообучение на новых данных, есть недостаток – может появиться внутренний шум, заставляющий модель галлюцинировать. Ещё в 2017 году создатели архитектуры Transformers выделяли внутреннее зашумление как основную проблему этой архитектуры. Зашумление возникает при добавлении новых обучающих данных, при этом старые теряют актуальность и приводят к галлюцинациям.

Ввиду огромных размеров нейросети по теореме Ляпунова можно сказать, что все вектора на каждом слое модели представляются в виде гауссианы. При этом, учитывая тот факт, что в моделях множество слоев, все веса модели целесообразно рассматривать как многомерную гауссиану.

Исходя из вышесказанного следует, что для борьбы с внутренним шумом можно использовать стандартный для АЦП способ – расширение динамического диапазона (В случае с нейросетью это поможет увеличить глубину анализа и снизить вероятность воздействия шума) [3].

Для начала проведем аппроксимацию рядом Котельникова.

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(kT) * \frac{\sin\frac{2\pi}{T}(t-kT)}{\frac{2\pi}{T}(t-kT)} - \text{Ряд Котельникова}$$

Для НС можно принять $t =$ компоненте вектора, в то время как $T = \text{norm}(\text{вектор состоящий из остальных компонент вектора})$

Для получения конечного ряда мы используем простейшее прямоугольное окно.

$$w(k) = \begin{cases} 0, & k < -\frac{N}{2} \\ 1, & -\frac{N}{2} \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ 0, & k > \frac{N}{2} - 1 \end{cases}$$

Данный метод не используется в АЦП из-за эффекта Гиббса, но в нейросети нет быстроизменяющегося динамического спектра, поэтому ошибка усечения не накапливается. В

результате усечения получим $\tilde{f}(t) = \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} f(kT) * \frac{\sin(\frac{2\pi}{T}(t-kT))}{\frac{2\pi}{T}(t-kT)}$ - усеченный конечный ряд.

Применив данную методику по всем слоям нейросети, мы можем эффективно расширить «динамический диапазон модели»

Для автоматизации данного процесса нами была разработана программа на языке python, которая по характеристикам компьютера подбирает базовые нейросети, между которыми осуществляет слияние. После чего предлагает скачать готовую нейросеть (Рисунок 28).

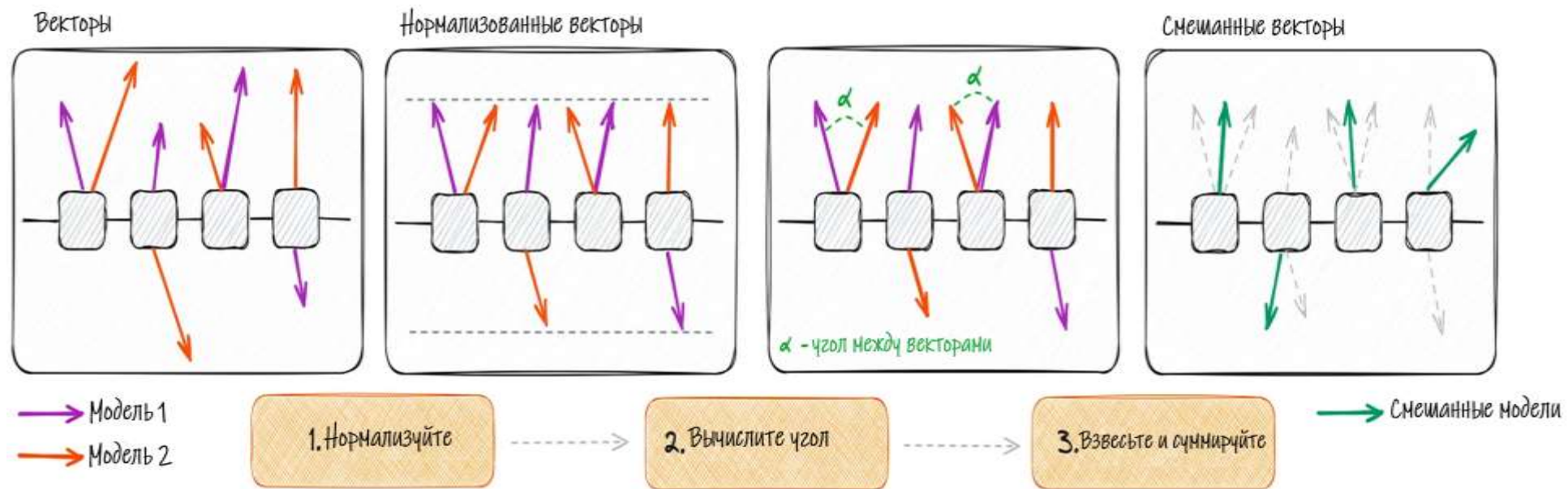


Рисунок 27 – Схема SLERP методики.

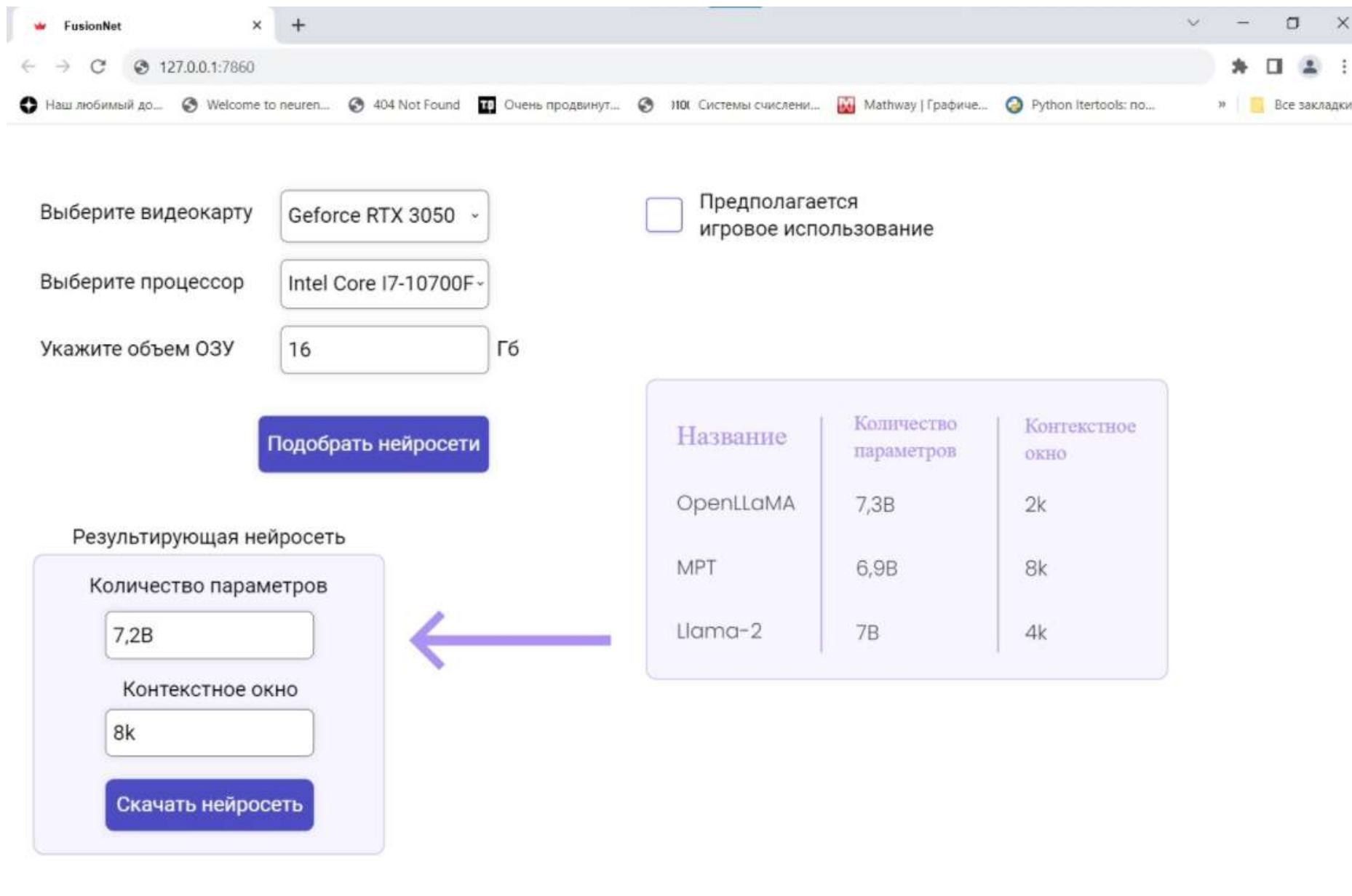


Рисунок 28 – Интерфейс приложения.

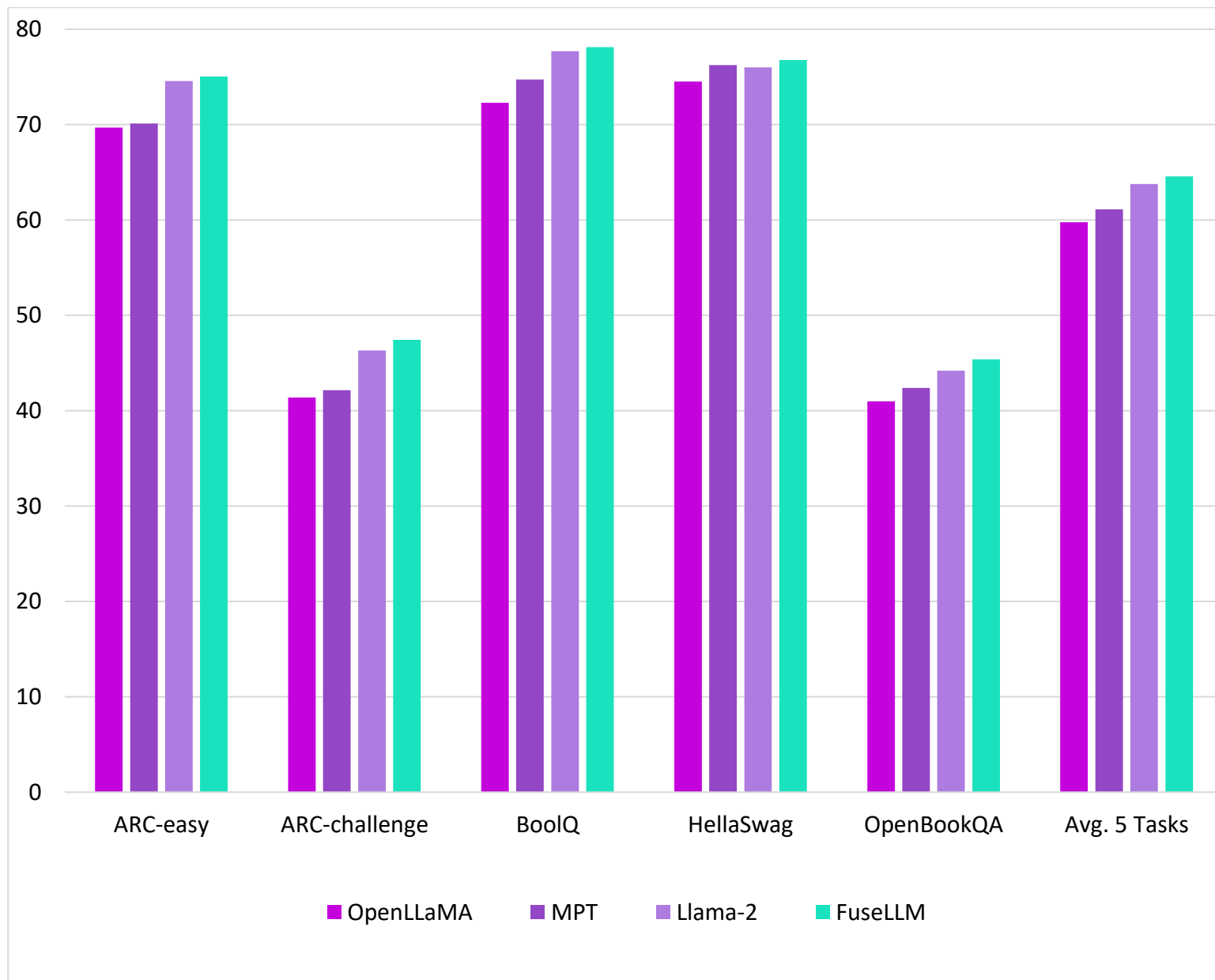


Рисунок 29 – График количественных оценок.

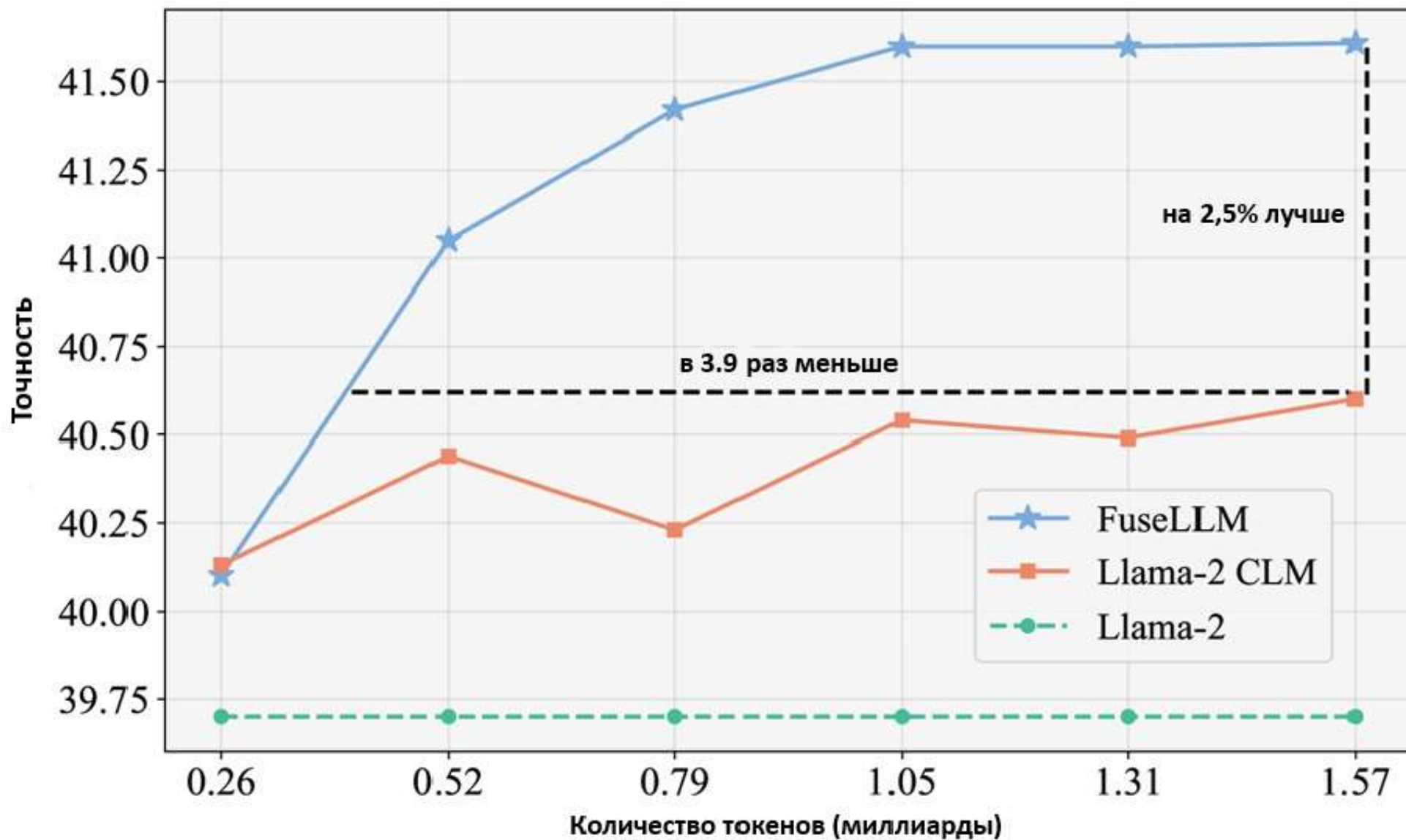


Рисунок 30 – График перспективы FineTuning'а.

что такое ПЗС-матрица?

ПЗС-матрица (позитивная корреляция матрицы) – это матрица, в которой каждая стоекированная значение определяет количество позитивно коррелировавших вхождений в этом стоеке, а значение типа числа со знаком -1, ноля и 0 означает количество негативно коррелировавших вхождений в этот стоеке.

Рисунок 31 – Ответ модели Llama 2.

Что такое ПЗС-матрица?

ПЗС-матрица (PhotoSensor Charge-Coupled Device, англ. PhotoSensor Charge-Coupled Device) - это электронный компонент, используемый в камерах, сканерах и других устройствах для преобразования света в электрические сигналы, которые могут быть обработаны и записаны в виде изображений. ПЗС-матрица является основным компонентом цифровых камер и сканеров, а также используется в различных технологиях, таких как электронные микроскопы, датчики движения и датчики освещения.

Рисунок 32 – Ответ модели FuseLLM.

На Рисунке 4 вы можете видеть количественные оценки нашей модели. Она по всем тестам лучше исходных. Помимо этого, модель после смешения больше подходит для тонкой настройки. Это показано на Рисунке 5. Можно объяснить данный факт тем, что в процессе дообучения согласуются веса, которые не удалось согласовать при помощи слияния и расширения динамического диапазона.

Обывателю может показаться, что все эти сложности не стоят улучшения работы модели в тестах на пару процентов. Однако это вовсе не так. Дело в том, что даже небольшое улучшение в синтетических тестах на самом деле может дать большой прирост полезности при реальном использовании. На рисунке 9 ответ модели Llama 2, на основании которой происходило слияние. На вопрос из университетского курса электроники она выдала множественные галлюцинации (Рисунок 31). В то время как модель, полученная нами, дала достаточно лаконичный и правильный ответ (Рисунок 32).

Таким образом Применены методы оптимизационного смешения весов нейросетей.

Результаты исследований показали, что математические методы из компьютерной графики и АЦП эффективно повышают точность модели и подавляют внутренние галлюцинации.

В процессе дообучения смешенной согласование повышается.

Реализована программа на языке python для автоматизации нейросетевого смешения.

Библиографический список:

1. Dataless Knowledge Fusion by Merging Weights of Language Models [Электронный ресурс] – <https://openreview.net/forum?id=FCnohuR6AnM> (Дата обращения 04.03.2024).
2. Model soups: averaging weights of multiple fine-tuned models improves accuracy without increasing inference time [Электронный ресурс] – <https://arxiv.org/abs/2203.05482> (Дата обращения 07.03.2024).
3. Метод расширения динамического диапазона при аналого-цифровом преобразовании [Электронный ресурс] – <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-rasshireniya-dinamicheskogo-diapazona-pri-analogo-tsifrovom-preobrazovanii/viewer> (Дата обращения 01.03.2024).

УДК 51-74

Число π в строительстве и архитектуре

Пономарёва Е. А.

Научный руководитель – Терентьева Е. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В работе рассматриваются исторические аспекты использования числа π в строительстве и архитектуре, анализируются преимущества и недостатки круглых домов, их практическая ценность в современном строительстве, а также проводится сравнительный анализ затрат на строительство крыш прямоугольных и круглых домов с использованием доступных онлайн калькуляторов.

Число π является одной из важнейших математических констант, которая используется при расчетах во многих областях науки и техники. Оно не имеет конечной десятичной записи. Ещё в древности окружность помогала высчитывать это загадочное число. Среднеазиатский ученый Аль-Хорезми работал над расчетами числа π и вывел первые четыре числа после запятой: 3,1416. Одним из первых исследователей числа π был древнегреческий математик Архимед, который около 250 г. до н.э. нашел приближенное значение π с точностью до трех десятичных знаков. Английский математик Уильям Шэнкс более двадцати лет своей жизни потратил на вычисление десятичных знаков числа π и нашел их 707 (из них верных было 527 знаков). Он обнаружил удивительную вещь: все цифры встречались в десятичной записи числа π примерно поровну.

Существует множество способов нахождения числа π , включая различные формулы, серии и даже методы компьютерного моделирования. Важно отметить, что на протяжении многих веков ученые стремились находить все более точные значения числа π для улучшения точности и эффективности различных научных и инженерных расчетов.

Зачем нужно это число? В строительстве число π часто используется при расчете объемов и площадей, например, при проектировании круглых строений, столбов, цилиндров, куполов и др.

Считается, что круг всегда являлся и является идеальной формой и ассоциируется с самой жизнью. Например, звезды, планеты, птичьи яйца, икра рыб и даже наш мозг. Подобная ассоциация возникает благодаря тому, что многие предметы имеют круглую форму. Человечество всегда обожествляло неведомые силы и помещало их в пантеон, который, по его мнению, представлял собой сферу. Именно поэтому верхушки почти всех церквей имеют куполообразную форму. А острые углы в доме ассоциируются с агрессией в отличие от мягких плавных линий, которые, по мнению большинства, благотворно влияют на психику.

Впервые применение сфер в области строительства произошло примерно с 1200 г. до 340 г. н. э. Одними из самых ярких и известных примеров первых круглых домов являются чум и иглу.

Иглу - традиционное жилище эскимосов, построенное из блоков снега. Его коническая форма позволяет сохранять тепло внутри, а также обеспечивает устойчивость сооружения на льду. Чум - традиционное жилище кочевников северных народов, типичное для сибирских и тунгусских племен. Это конусовидная или цилиндрическая постройка, состоящая из деревянных рам, покрытых лоскутами и шкурами животных. На сегодняшний день, только некоторые африканские племена продолжают строить круглые хижины, как и их предки несколько веков назад.

Рассмотрим несколько известных архитектурных построек с применением загадочного числа.

Римский Пантеон - крупнейшее в мире купольное сооружение из неармированного бетона. Построен из кирпича, с диаметром "цилиндра" 43,57 м и куполом 43,2 м. Центральное окно диаметром 9 м позволяет проникать солнечному свету. Арки купола заложены кирпичом, обеспечивая прочность конструкции.

Колизей - самый грандиозный античный амфитеатр с размерами наружного эллипса 524 м, высотой стен до 50 м. Построен на радиально направленных стенах и столбах, обеспечивающих жесткость конструкции.

Примеры круглых домов сегодня: Здание цирка в Новосибирске. Главный офис Лукойла в Усинске.

Какие же имеют плюсы круглые дома и действительно ли такие дома безопасны?

1. Купольные дома обладают высокой энергоэффективностью. Поскольку такие дома имеют форму полусферы или купола, эффективно распределяется внутреннее и внешнее давление, уменьшается потеря тепла.

2. Обтекаемый купол обладает высокими аэродинамическими свойствами, поэтому ветра, даже ураганные, не наносят ему такой вред, как плоским поверхностям. Снег и дождь не скапливаются на крыше, а плавно съезжают с нее, за счет чего не возникает дополнительная нагрузка на саму крышу, и даже на фундамент здания.

3. Дом сферической формы устойчив к землетрясениям и взрывам: даже если пробить такую конструкцию в одном месте, она устоит и не потеряет своей прочности.

4. Пожароустойчивость круглого дома гораздо выше, чем прямоугольного. В обычных домах при больших пожарах загораются деревянные перекрытия кровли, по ним огонь распространяется на другие части здания. У купольных же зданий перекрытий нет.

5. Круглые дома имеют достаточно устойчивую конструкцию и, пожалуй, являются одними из самых прочных, что вообще существуют. Благодаря равномерному распределению нагрузки по граням купола он способен выдержать любые погодные условия.

6. Также эти здания выигрывают в площади. При одинаковой площади основания куб занимает на 40 % больше объема, чем сфера. Это позволяет значительно уменьшить количество строительных материалов при возведении конструкции.

Но несмотря на все очевидные плюсы купольных домов, они все же имеют недостатки. В основном, это сложности, которые могут возникнуть во время строительства.

1. Расчет купола невозможно сделать в двух плоскостях. Для того чтобы возвести качественное сооружение, инженер должен обладать пространственным воображением и отличным знанием 3D-графики.

2. Многие тонкости и вопросы не описаны в классической литературе, поэтому архитекторам приходится действовать методом проб и ошибок. В мире не так много специалистов, которые имеют большой опыт строительства круглых домов.

3. Во время возведения такого дома остается много отходов, поскольку большинство стройматериалов, как правило, имеет прямоугольную форму: доска, кирпич, блоки. Для разумного расхода материалов необходима грамотная выкройка деталей.

4. Многие детали будущего интерьера (двери, окна, мебель, лестницы) необходимо делать на заказ, а это – дополнительные расходы.

Но несмотря на то, что, даже в этом, казалось бы, идеальном для строительства варианте построек домов есть минусы, если будут руководить в таких проектах грамотные инженеры, который смогут соблюсти все условия, то круглые дома будут стоять десятилетиями и радовать не только хозяев, но и их внуков.

Поскольку круглые дома имеют очевидно больше преимуществ в отличии от наших привычных многоэтажек, попробуем провести сравнительный анализ затрат на строительство крыш прямоугольных и круглых домов с использованием доступных онлайн калькуляторов. Для этого мы использовали два калькулятора-ресурса для строительства прямоугольного дома и круглого. Благодаря данным калькуляторам получилось составить примерные сметы, которые отображены в таблице 1 и таблице 2:

Таблица 1 - Смета купольной крыши площадью 114 м².

Наименование работы	Наименование материала для работы	Стоимость материала
Наружные и внутренние несущие стены, кровля	Каркас с листами ОСБ и деревянными брусьями	410 000 руб.
	Утепление стен мин. ватой	114 798 руб.
	Гибкая черепица	100 553 руб.
Стоимость купольной крыши с выбранными параметрами составит		625 351 руб.

При составлении сметы купольной крыши (таблица 1) необходимо учесть, что стены – основной несущий элемент купольного дома, одновременно является и кровлей, и несущей частью всего здания. Конструкции домов обычно комплектуются нарезанными листами ОСБ, а также другими облицовочными листовыми материалами, такими как: ламинированная фанера, сотовый поликарбонат или даже листовой металл. В данной работе были выбраны листы ОСБ. Для утепления купольной крыши выбор остановился на минеральной вате, поскольку минеральная вата обладает высокой способностью удерживать тепло, а это в свою очередь позволяет значительно снизить затраты на отопление и кондиционировании помещения. Для наружной отделки была выбрана гибкая черепица, поскольку она обладает гибкостью. Благодаря своей гибкости, черепица прекрасно подстраивается под любую кривизну крыши, что обеспечивает надёжное покрытие без возможных протечек.

При составлении сметы прямоугольной крыши (таблица 2) для точности анализа были выбраны такие же материалы для работ и сами работы. Также была учтена важность несущих стен, как основного элемента конструкции. Для каркаса были выбраны листы ОСБ и деревянные брусья, обеспечивающие надёжность и прочность всего сооружения. Для утепления также была использована минеральная вата, так как она эффективно сохраняет тепло, как ранее это и упоминалось. В качестве наружной отделки была выбрана гибкая черепица, так как благодаря ее гибкости, обеспечивается хорошее прилегание крыши и защита от возможных протечек.

Таблица 2 - Смета прямоугольной крыши площадью 114 м².

Наименование работ	Наименование материала для работ	Стоимость материалов
Наружные и внутренние несущие стены	Каркас с листами ОСБ и деревянными брусками	709 019 руб.
Подкровельное перекрытие	Утепление мин. ватой	77 819 руб.
Кровля	Гибкая черепица	198 561 руб.
Стоимость прямоугольной крыши с выбранными параметрами составит		985 399 руб.

Сравнивая полученные результаты, получили, что цена на строительство купольной крыши на 360 048 рублей дешевле, нежели цена обычной крыши. Такую разницу можно также объяснить тем, что проектирование и строительство купольной крыши обычно имеют более простую конструкцию и требуют меньше времени и труда на проектирование строительства по сравнению с обычной крышей.

Однако не стоит забывать, что стоимость купольной крыши может варьироваться в зависимости от выбранных материалов, размера и сложности конструкции, а также региона, где будет проводиться строительство.

Данная работа исследует актуальность и важность числа π в строительстве и архитектуре. Изучение использования числа π в строительстве открывает новые перспективы и способы оптимизации процессов строительства круглых домов, куполов и других сооружений. Анализ затрат на строительство прямоугольной и купольной крыш показал, что в данном случае купольные конструкции могут быть более экономичными и простыми в исполнении. Важно продолжать исследования в способах совершенствования процессов проектирования и строительства круглых сооружений, которые обладают высокой прочностью, устойчивостью, функциональностью, красотой.

Библиографический список:

1. Калькулятор для строительства прямоугольного дома [Электронный ресурс]. - https://stpar.ru/tools/house_calc/ (дата обращения: 21.02.2024).
2. Калькулятор для строительства круглого дома [Электронный ресурс]. - <https://krugdom.ru/calc/> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Свободная энциклопедия Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>
4. Строительные материалы/ В.Г. Микульский и др. // Издательство Ассоциации строительных вузов, - 2004. – 536 с.

УДК 622.692.4.053:004.021

Назначение методов выборочного ремонта дефектных участков магистральных трубопроводов алгоритмом «Дерево решений»

Григорьев Л. Ю.

Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, г. Ухта, Россия

Введение

Применение алгоритмов машинного обучения (МО) является одной из самых актуальных проблем в нефтегазовой отрасли ввиду активного развития цифровых технологий и их внедрения в производственные процессы. МО представляет собой совокупность математических алгоритмов, которые позволяют искусственному интеллекту самостоятельно прогнозировать, решать задачи и принимать решения за счет наборов обучающих выборок. Алгоритмы МО основываются на функциях, метриках и неравенствах, характерных для

линейной алгебры, теории вероятности, математического анализа и математической статистики. Ввиду существования большого количества алгоритмов появляется проблема выбора оптимального с целью решения конкретной задачи, например, назначения методов выборочного ремонта (ВР) дефектных участков магистральных нефте- и газопроводов.

На сегодняшний день в отечественной нормативно-правовой базе существуют документы [1 – 3], регламентирующие параметры ремонтпригодности дефектных участков магистральных трубопроводов и критерии применимости методов ВР.

Необходимо отметить, что параметры дефектов (тип дефекта, потери толщины стенки трубы, расстояние до сварных швов и т. д.) и их значения могут быть использованы для создания обучающей выборки. Выборку следует сформировать в виде набора данных о дефектных участках, выявленных на протяжении всего периода эксплуатации некоторых магистральных трубопроводов по результатам внутритрубной диагностики (ВТД) и дополнительного дефектоскопического контроля (ДДК). Назначенные методы ВР для характерных дефектов рекомендуется отнести к классам, что позволит машине самостоятельно проанализировать данные из обучающей выборки и сделать конкретные выводы о применимости каждого метода ВР в зависимости от параметров дефектов и их значений.

Для прогнозирования методов ВР новых дефектных участков на основе сформированной выборки предлагается использовать классификационный алгоритм «Дерево решений» ввиду его следующих преимуществ:

- работа по системе «Признак – Решение»;
- отсутствие линейности;
- удобная визуализация результатов;
- возможность работы с категориальными переменными;
- высокая гибкость алгоритма.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации №166 [4] об импортозамещении для разработки модели дерева решений, адаптированной под назначение методов ВР, предлагается использовать облачный сервис «Yandex DataSphere», внесенный в единый реестр российского программного обеспечения [5].

Методы выборочного ремонта магистральных трубопроводов

Методы ВР применяются для восстановления отдельных дефектных участков трубопроводов или группы дефектных участков, расположенных на расстоянии не более 100 м друг от друга. В процессе эксплуатации поверхность труб магистрального трубопровода непрерывно подвергается физическому износу по причине негативного воздействия окружающей и транспортируемой сред, поэтому со временем на ней могут возникнуть дефекты различного характера, включая дефекты, вызванные коррозией и коррозионным растрескиванием под напряжением (КРН), а также механические повреждения (риски, царапины, продеры, плены, закаты, задиры, единичные трещины). Восстановление дефектных участков может осуществляться посредством абразивно-струйной обработки (АСО), контролируемой шлифовки, заварки, установки ремонтных конструкций (УРК), замены дефектных «катушек» (ЗДК).

Если значение длины образовавшегося дефекта не превышает 3000 мм и (или) фактическая толщина стенки трубы составляет более 70 % от начальной, то дефектный участок является ремонтпригодным, а для его восстановления могут применяться АСО, контролируемая шлифовка, заварка, УРК. В противном случае дефектный участок подлежит замене.

Повреждение считается незначительным в случае, если расстояние от дефектного участка до заводских и кольцевых сварных швов составляет не менее 50 и 100 мм соответственно, а остаточная толщина стенки – не менее 90 % от начальной. Дефектные участки с незначительными повреждениями допускается восстанавливать посредством АСО. Если расстояния до сварных швов составляют менее регламентированных значений, то ремонт следует производить контролируемой шлифовкой. Также данный метод ВР используется для восстановления дефектных участков с потерями толщины стенки не более 20 % от начальной.

Заварка применяется для ремонта несквозных поверхностных дефектов коррозионного и механического происхождения (коррозионные дефекты, риски, задиры, царапины). Критериями применимости для данного метода ВР являются следующие условия:

- фактическая толщина стенки трубы в дефектной зоне составляет не менее 3 мм;
- расстояние между дефектной областью и местом пересечения кольцевого и заводского сварных швов составляет более 200 мм.

Для определения последнего параметра следует использовать Пифагорову метрику (рисунок 1):

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad (1)$$

где C – расстояние между дефектной областью и местом пересечения заводского и кольцевого швов, мм;

A – расстояние между дефектной областью и заводским швом, мм;

B – расстояние между дефектной областью и кольцевым швом, мм.

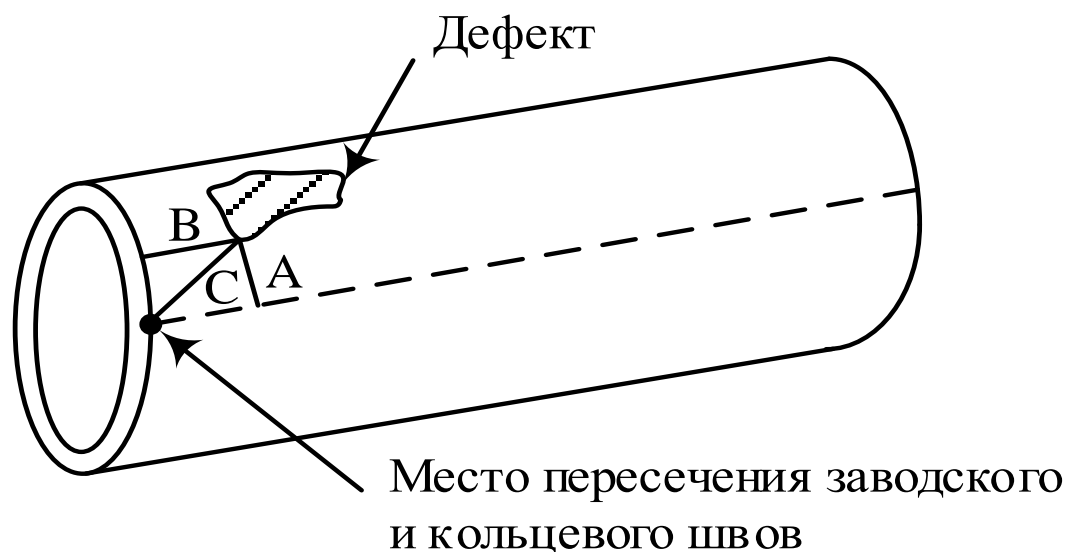


Рисунок 1 – Схема замера расстояния до места пересечения заводского и кольцевого сварных швов.

В случае невозможности применения АСО, контролируемой шлифовки и заварки ремонтпригодные дефектные участки следует восстанавливать посредством установки специальных ремонтных конструкций.

Следует отметить, что методы АСО, контролируемой шлифовки и УРК могут быть использованы для восстановления дефектных участков, поврежденных КРН, только в том случае, если после ремонта труба будет изолирована покрытиями, содержащими ингибирующие КРН композиции. В противном случае дефектный участок подвергается замене.

Дерево решений

Дерево решений представляет собой комплексную иерархическую структуру, в которой разбиение элементов разных классов основано на схожих качественных и количественных признаках. Каждый признак, наиболее разбивающий элементы разных классов, определяется алгоритмом в соответствующий узел решения, который собирает все характерные образцы, а после распределяет их либо по листьям, собирающим образцы одного класса, либо в следующий узел решения. Распределение элементов по узлам происходит до того момента, пока все образцы, относящиеся к одному классу, не будут определены в характерные листья. Для разбиения и распределения элементов в древовидной структуре используются специальные критерии. В настоящее время существует свыше 15 критериев [6], однако двумя наиболее используемыми являются индекс Джини и информационный выигрыш.

Индекс Джини производит замер расхождения между распределением вероятностей величин целевых признаков. Наименьший индекс определяется как лучшее решение и используется в качестве параметра разбиения. Индекс Джини $Gini(y, S)$ рассчитывается по следующей формуле:

$$Gini(y, S) = 1 - \sum_{c_j \in dom(y)} \left(\frac{|\sigma_{y=c_j} S|}{|S|} \right)^2, \quad (2)$$

где $\frac{|\sigma_{y=c_j} S|}{|S|}$ – вероятность у-признака в наборе S i -го класса.

Информационный выигрыш основан на энтропии, которая используется для расчета и определения лучшего выигрыша в качестве параметра разбиения. Энтропия $Entropy(y, S)$ и информационный выигрыш $IG(a_i, S)$ рассчитываются по следующим формулам:

$$Entropy(y, S) = \sum_{c_j \in dom(y)} - \frac{|\sigma_{y=c_j} S|}{|S|} \cdot \log_2 \frac{|\sigma_{y=c_j} S|}{|S|}, \quad (3)$$

$$IG(a_i, S) = Entropy(y, S) - \sum_{v_{i,j} \in Values(a_i)} \frac{|\sigma_{y=c_i} S|}{|S|} Entropy(y, \sigma_{a_i=v_{i,j}} S). \quad (4)$$

Построение дерева решений

Первым этапом в построении дерева решений является формирование обучающей выборки. Как было отмечено ранее, в качестве данных для выборки следует использовать параметры дефектных участков, ранее выявленных на трубопроводах. Предположим, что на протяжении всего периода эксплуатации некоторых магистральных трубопроводов с толщиной стенок труб 10 – 20 мм по результатам ВТД и ДДК были обнаружены дефекты, параметры которых приведены в таблице 1. Метод ВР для каждого дефектного участка назначен с помощью специального программного кода, разработанного в соответствии с регламентированными требованиями. Помимо методов ремонта данный код также способен определить ремонтпригодность дефектных участков в зависимости от значений длины дефекта и потерь толщины стенок труб. Если соответствующие параметры превышают критические регламентированные значения, код определяет дефектный участок непригодным для восстановления и назначает ремонт методом ЗДК. В противном случае код определяет дефектный участок ремонтпригодным и назначает метод ВР в зависимости от значений параметров дефекта.

Предположим, что в ходе последующих ВТД и ДДК обнаружены новые дефекты, указанные в таблице 1 под № 31 – 39. Метод ВР для каждого нового дефектного участка необходимо назначить с помощью адаптированной модели дерева решений.

Следует отметить, что при формировании набора обучающих данных с параметрами дефектов № 1 – 30 (далее – эмпирические значения) некоторые параметры имеют текстовые величины, что требует их перевода в численные метки. По результатам запуска функции LabelEncoder код осуществляет автоматический перевод текстовых величин следующим образом:

- тип дефекта: 0 – дефект КРН, 1 – единичная трещина, 2 – задира, 3 – закат, 4 – коррозионный дефект, 5 – плена, 6 – продир, 7 – риска, 8 – царапина;
- наличие ингибирующего покрытия: 0 – да, 1 – нет;
- ремонтпригодность: 0 – пригодный к ремонту, 1 – непригодный к ремонту.

Таблица 1 – Обучающая выборка и новые образцы дефектных труб.

№ п/п	Тип дефекта	Потери толщины стенки трубы, %	Толщина стенки трубы, мм	Длина дефекта, мм	Расстояние до заводского шва, мм	Расстояние до кольцевого шва, мм	Наличие ингибирующего покрытия	Метод ремонта
1	Дефект КРН	23,1	10	445	355	164	Нет	ЗДК
2	Дефект КРН	74,5	16	148	85	54	Да	ЗДК
3	Дефект КРН	11,2	18	3095	264	573	Да	Шлифовка
4	Дефект КРН	5,7	20	502	58	243	Да	АСО
5	Дефект КРН	47,8	20	1754	180	694	Нет	ЗДК
6	Дефект КРН	54,3	18	94	236	405	Да	УРК
7	Дефект КРН	30,0	18	1005	86	274	Да	УРК
8	Коррозионный дефект	71,8	20	326	76	274	Да	ЗДК
9	Коррозионный дефект	18,3	18	2843	100	84	Нет	Шлифовка
10	Коррозионный дефект	38,2	16	69	186	613	Нет	Заварка
11	Коррозионный дефект	39,5	20	765	184	385	Нет	Заварка
12	Единичная трещина	9,6	20	476	184	642	Да	АСО
13	Единичная трещина	68,5	10	500	623	153	Нет	УРК
14	Единичная трещина	26,8	18	1964	428	264	Да	УРК
15	Риска	16,2	18	189	328	472	Нет	Шлифовка
16	Риска	6,1	16	420	46	275	Нет	Шлифовка
17	Риска	20,2	20	3142	85	545	Да	ЗДК
18	Царапина	8,2	18	387	59	93	Да	Шлифовка
19	Царапина	62,1	20	2174	184	275	Нет	Заварка
20	Царапина	74,1	20	743	36	633	Да	ЗДК
21	Царапина	44,4	20	476	201	546	Нет	Заварка
22	Продир	18,2	18	67	253	550	Нет	Шлифовка
23	Продир	9,5	18	155	63	109	Да	АСО
24	Плена	32,1	20	102	385	243	Да	УРК

Продолжение таблицы 1.

25	Плена	27,4	16	75	155	486	Нет	УРК
26	Закат	13,6	20	173	84	645	Нет	Шлифовка
27	Закат	19,5	20	275	274	174	Да	Шлифовка
28	Задир	5,7	18	200	67	89	Нет	Шлифовка
29	Задир	3,4	16	66	193	567	Нет	АСО
30	Задир	8,2	20	88	45	243	Да	Шлифовка
31	Дефект КРН	25,5	20	501	30	395	Да	-
32	Царапина	45,4	20	864	190	275	Нет	-
33	Риска	17,8	18	3043	123	873	Нет	-
34	Закат	11,4	20	161	75	107	Да	-
35	Дефект КРН	18,7	20	285	148	367	Нет	-
36	Единичная трещина	9,6	18	378	155	111	Да	-
37	Коррозионный дефект	71,5	16	99	204	596	Да	-
38	Единичная трещина	68,5	20	2995	189	200	Да	-
39	Закат	13,1	18	106	92	523	Нет	-

После формирования обучающей выборки для построения дерева решений необходимо установить количество данных, которое будет задействовано для тестирования и обучения модели. В качестве тестирующих значений отобрано 30 % данных от выборки. Остальная часть задействована для обучения модели.

На рисунке 2 приведены матрицы ошибок, построенные на эмпирических данных для обучающих и тестовых данных. Такая матрица представляет собой таблицу, позволяющую визуализировать эффективность алгоритма посредством сравнения прогнозируемых значений целевых переменных с ее фактическими величинами. Метки классов в матрицах указаны следующим образом: 0 – ЗДК, 1 – контролируемая шлифовка, 2 – АСО, 3 – УРК, 4 – заварка дефекта

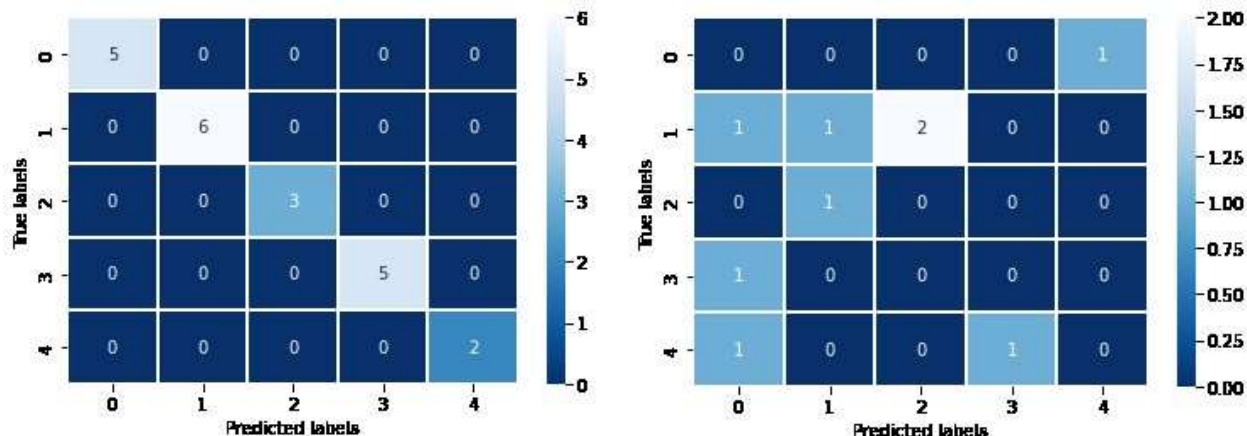


Рисунок 2 – Матрицы ошибок, построенные на эмпирических данных
слева – с задействованием обучающих данных
справа – с задействованием тестовых данных

Далее необходимо провести оценку качества классификации созданной модели посредством расчета основных метрик: прецизионности, полноты, F1-меры, меры поддержки и точности.

Прецизионность (precision) позволяет оценить долю прогнозируемых истинно-положительных объектов среди всех объектов, спрогнозированных положительным классом:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (5)$$

где TP – число истинно положительных объектов;
 FP – число ложноположительных объектов.

Полнота (recall) выражает долю найденных истинно положительных объектов среди всех объектов положительного класса:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (6)$$

где FN – число ложноотрицательных объектов.

F1-мера (F1-score) является средневзвешенным гармоническим значением прецизионности и полноты:

$$F1\text{-score} = \frac{1}{\frac{1}{recall} + \frac{1}{precision}} = 2 \frac{recall \cdot precision}{recall + precision}. \quad (7)$$

Мера поддержки (Support) выражает общее количество объектов, относимых к характерному классу. Параметр точности (accuracy) рассчитывается с целью определения доли истинных ответов в общем числе ответов классификатора:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \quad (8)$$

где TN – число истинно отрицательных объектов.

Результаты расчетов метрик качества классификации для эмпирических данных приведены в таблице 2.

На рисунках 3 и 4 приведены деревья решений, построенные на информационном выигрыше и индексе Джини соответственно. Как видно из полученных результатов, оба дерева определяют потери толщины стенки трубы значением 19,25 % основным при разбиении узлов с разными классами. Согласно построенным деревьям, АСО назначается в случае, если потери толщины стенки трубы составляют не более 5,9 %, что на 4,1 % меньше регламентированного значения, а также если расстояние до кольцевого шва составляет менее 176 мм при наличии ингибирующих покрытий. ЗДК назначается в случае, если потери толщины стенки составляют более 19,25 мм, дефект не относится к типу «Царапина», длина дефекта более 125 мм при расстоянии до заводского шва менее 391,5 мм. Если же дефект относится к типу «Царапина», то ремонт производится методом заварки. При невыполнении условий, установленных деревом для ЗДК, методом ремонта назначается УРК.

Таблица 2 – Значения метрик качества классификации для эмпирических данных.

С задействованием обучающих данных					С задействованием тестовых данных				
Метка	Precision	Recall	F1-score	Support	Метка	Precision	Recall	F1-score	Support
0	1,00	1,00	1,00	5	0	0,00	0,00	0,00	1
1	1,00	1,00	1,00	6	1	0,50	0,25	0,33	4
2	1,00	1,00	1,00	3	2	0,00	0,00	0,00	1
3	1,00	1,00	1,00	5	3	0,00	0,00	0,00	1
4	1,00	1,00	1,00	2	4	0,00	0,00	0,00	2
Всего объектов				21	Всего объектов				9
Accuracy				1,00	Accuracy				0,11

Конечным этапом в разработке модели дерева решений является прогнозирование классов (методов ВР) новых дефектных участков. Прогнозирование рекомендуется выполнить с учетом и без учета ремонтпригодности труб. Результаты приведены в таблице 3. Как видно из полученных результатов, процент совпадений прогнозных классов с фактическими без учета и с учетом ремонтпригодности составил 44,4 % и 55,6 % соответственно. Следует заметить, что даже несмотря на повышение точности прогнозирования при учете ремонтпригодности, созданная модель не характеризуется высокой точностью назначения методов ВР. Это обусловлено малым количеством обучающих данных при использовании большого количества параметров в выборке, что провоцирует модель дерева решений к существенному сокращению аналитического потенциала и, как следствие, нечеткому формированию зависимостей методов ВР от параметров дефектов и их величин.

По результатам построения деревьев решений на эмпирических значениях рекомендуется создать новый набор обучающей выборки с расширенным количеством данных. Сформируем новую выборку следующим образом: зададим параметры «Длина дефекта», «Потери толщины стенки трубы» и «Расстояние до заводских швов» в виде циклов типа while. Начальной длиной дефекта, потерями толщины стенки и расстоянием до заводских швов будут значения 50 мм, 5 % и 5 мм соответственно. Шаг – 500 мм, 2,5 % и 45 мм соответственно, максимальные значения – 3050 мм, 100 % и 700 мм. С учетом того, что диаметры труб находятся в диапазоне 530 – 1420 мм, максимальное расстояние до заводских швов для каждого диаметра будет иметь собственное значение (будет задано в коде в виде условия с оператором continue). Толщины стенок труб и расстояния до заводских швов будут заданы значениями 10, 20 мм и 99, 100, 101 мм соответственно через циклы типа for. Также через такой цикл будут указаны типы дефектов (см. таблицу 1) и наличие ингибирующих покрытий (да или нет).

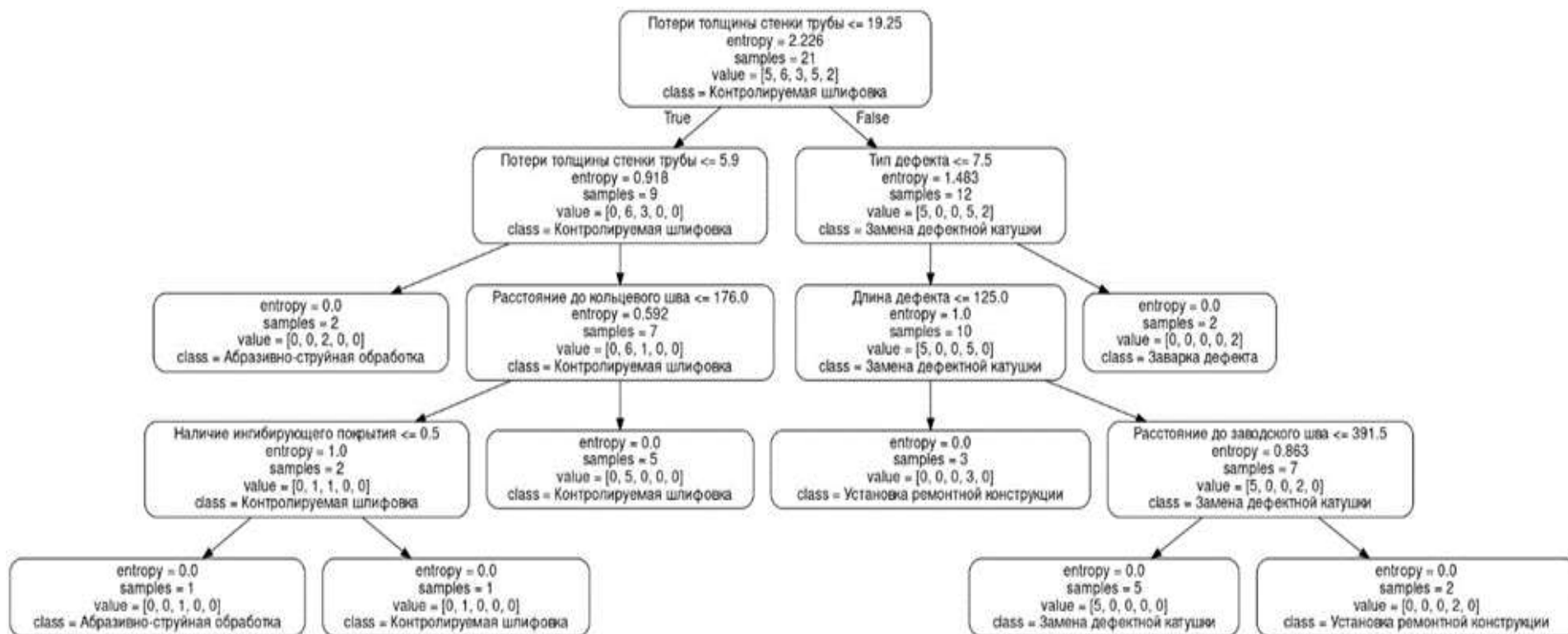


Рисунок 3 – Дерево решений, построенное на эмпирических значениях по информационному выигрышу.

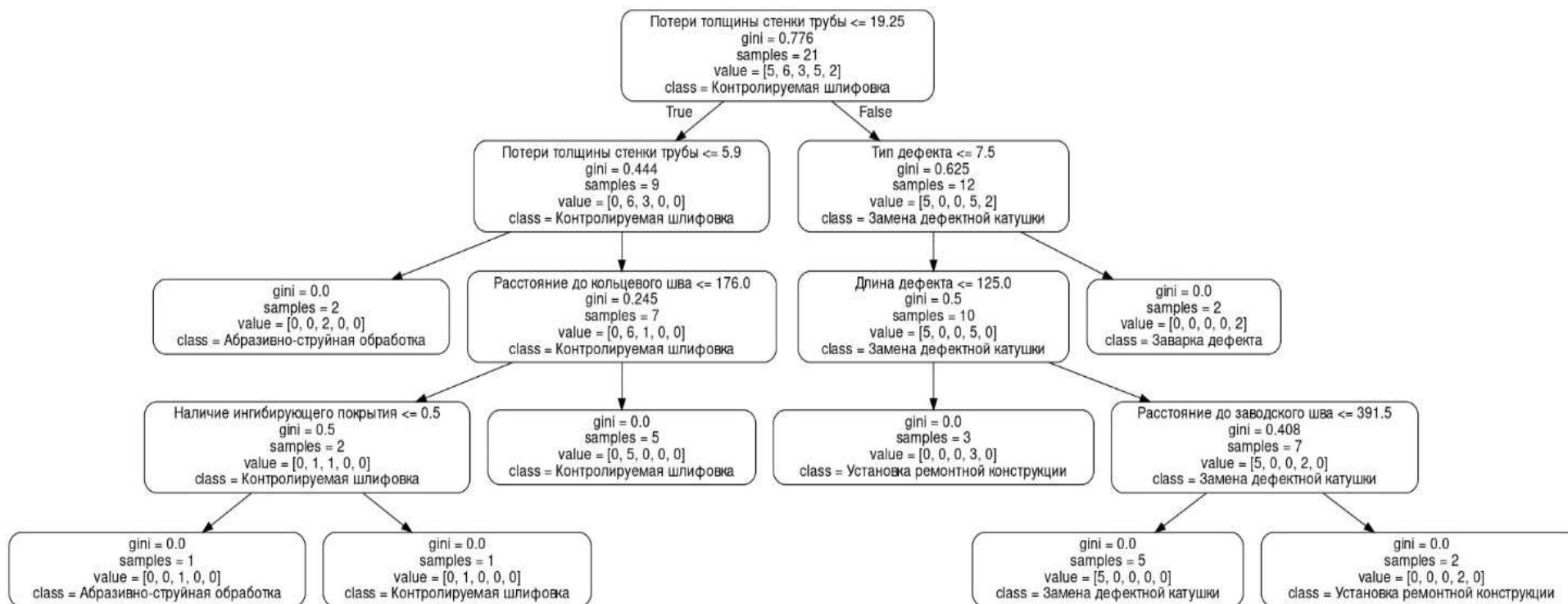


Рисунок 4 – Дерево решений, построенное на эмпирических значениях по индексу Джини.

Таблица 3 – Результаты прогнозирования.

Номер образца	На эмпирических значениях		На расширенных данных	Фактический метод ремонта
	Без учета ремонтпригодности	С учетом ремонтпригодности		
31	ЗДК	УРК	УРК	УРК
32	Заварка	ЗДК	Заварка	Заварка
33	Шлифовка	Шлифовка	ЗДК	ЗДК
34	Шлифовка	Шлифовка	Шлифовка	Шлифовка
35	Шлифовка	Шлифовка	ЗДК	ЗДК
36	АСО	АСО	АСО	АСО
37	УРК	Заварка	ЗДК	ЗДК
38	Заварка	УРК	ЗДК	УРК
39	Шлифовка	Шлифовка	Шлифовка	Шлифовка
Процент совпадений	44,4	55,6	88,9	-

После формирования исходных данных и написания нового кода проведен комплексный расчет, по результатам которого сформирована обучающая выборка из 1651104 объектов. Далее программным кодом произведен автоматический перевод текстовых величин параметров «Тип дефекта» и «Наличие ингибирующий покрытий». Значения конвертации получились теми же, что и при прогнозировании на эмпирических данных. Ремонтпригодность при прогнозировании на расширенном наборе данных не учитывается.

Для тестирования и обучения модели задействовано 30 и 70 % данных выборки соответственно. Результаты расчетов метрик качества классификации для расширенного набора данных приведены в таблице 4. Матрицы ошибок, построенные на расширенном наборе данных, приведены на рисунке 5. Метки классов в построенных матрицах указаны следующим образом: 0 – контролируемая шлифовка, 1 – ЗДК, 2 – АСО, 3 – УРК, 4 – заварка дефекта.

Таблица 4 – Значения метрик качества классификации для расширенного набора данных.

С задействованием обучающих данных					С задействованием тестовых данных				
Метка	Precision	Recall	F1-score	Support	Метка	Precision	Recall	F1-score	Support
0	1,00	1,00	1,00	148256	0	1,00	1,00	1,00	63496
1	1,00	1,00	1,00	531640	1	1,00	1,00	1,00	228392
2	1,00	1,00	1,00	19737	2	1,00	1,00	1,00	8415
3	1,00	1,00	1,00	318222	3	1,00	1,00	1,00	135954
4	1,00	1,00	1,00	13917	4	1,00	1,00	1,00	59075
Всего объектов				1155772	Всего объектов				495332
Accuracy				1,00	Accuracy				1,00

По результатам расширения обучающей выборки построены новые деревья решений, приведенные на рисунках 6 и 7. Следует отметить значительное расширение параметров разбиения дерева и существенное повышение точности разбивающих величин: граничные потери толщины стенки трубы и длина дефекта определены деревом в 68,75 % и 2800 мм соответственно, что на 1,25 % и 200 мм меньше регламентируемых значений. ЗДК будет назначена алгоритмом в случае, если дефект относится к 0 (дефект КРН) при отсутствии

ингибирующих покрытий. Необходимо заметить, что некоторые величины, установленные деревом в узлах, разнятся с регламентированными значениями. Например, АСО может быть назначена алгоритмом в случае, если расстояние до заводского шва составляет не менее 72,5 мм (разнится с регламентированным на 22,5 мм), а потери толщины стенки трубы – менее 11,25 % (разнится с регламентированным на 1,25 %). Такая разница обусловлена тем, что алгоритм определяет характерное среднее значение между крайними величинами определенного параметра разбиения. Например, крайними значениями потерь толщины стенки трубы для АСО в расширенных данных являются 10 и 12,5 % (среднее – 11,25 %), для длины всех дефектов – 2550 и 3050 мм (среднее – 2800 мм).

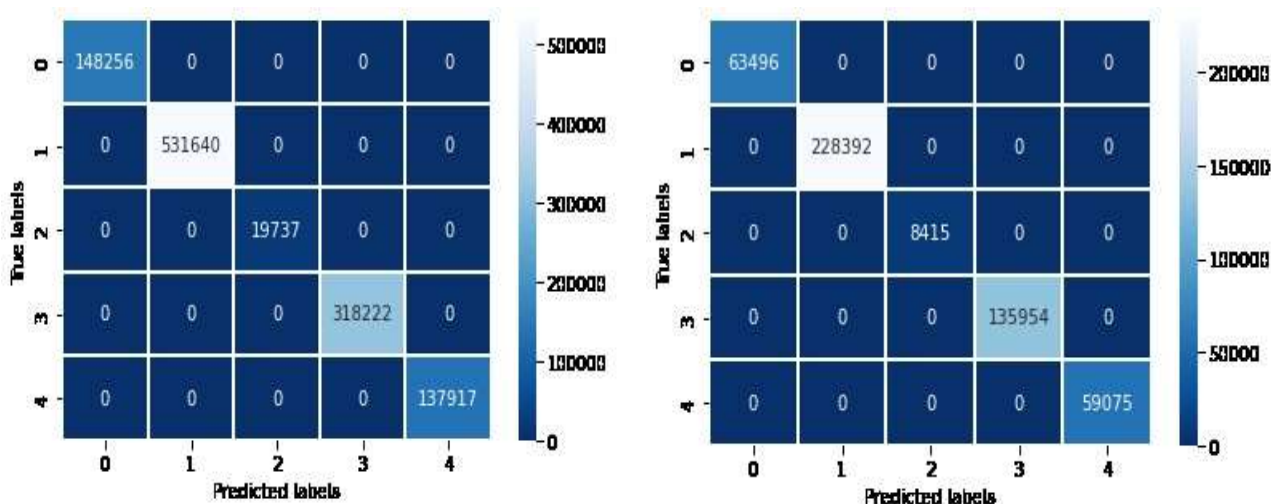


Рисунок 5 – Матрицы ошибок, построенные на расширенном наборе данных
слева – с задействованием обучающих данных
справа – с задействованием тестовых данных

Результаты прогнозирования методов ВР для дефектных участков № 31 – 39 по расширенному набору данных приведены в таблице 4. Следует отметить значительное повышение точности прогнозирования: совпадение прогнозных классов с фактическим составило 88,9 %. Образец № 38 отнесен к классу «ЗДК» вместо «УРК» по причине того, что граничная длина дефекта, определенная новым деревом, составляет 2800 мм, а длина дефекта данного образца – 2995 мм.

Выводы

По итогу проведенной работы создано три модели дерева решений, адаптированных под назначение методов ВР дефектных участков магистральных нефте- и газопроводов: две на эмпирических данных (данных по ВТД и ДДК), в т.ч. с учетом и без учета ремонтпригодности, и одна на расширенном наборе данных. В соответствии с полученными результатами (см. таблицы 3 и 4) сделан вывод о повышении точности прогнозирования модели дерева решений при расширении обучающей выборки: процент совпадений прогнозных классов с фактическими составил 88,9 %.

Однако следует отметить, что заданные шаги в циклах провоцируют отклонение некоторых граничных значений параметров применимости методов ВР в построенном дереве решений от регламентированных критических величин. Например, максимальная длина дефекта для ремонтпригодных труб составила 2800 мм, что разнится с регламентированным значением на 200 мм. Соответственно при обучении моделей искусственного интеллекта, адаптированных под назначение методов ВР согласно регламентированным критериям применимости, следует задавать как можно меньший шаг с целью значительного сокращения диапазонов между крайними величинами параметров разбиения и, как следствие, более точного определения границы применимости.

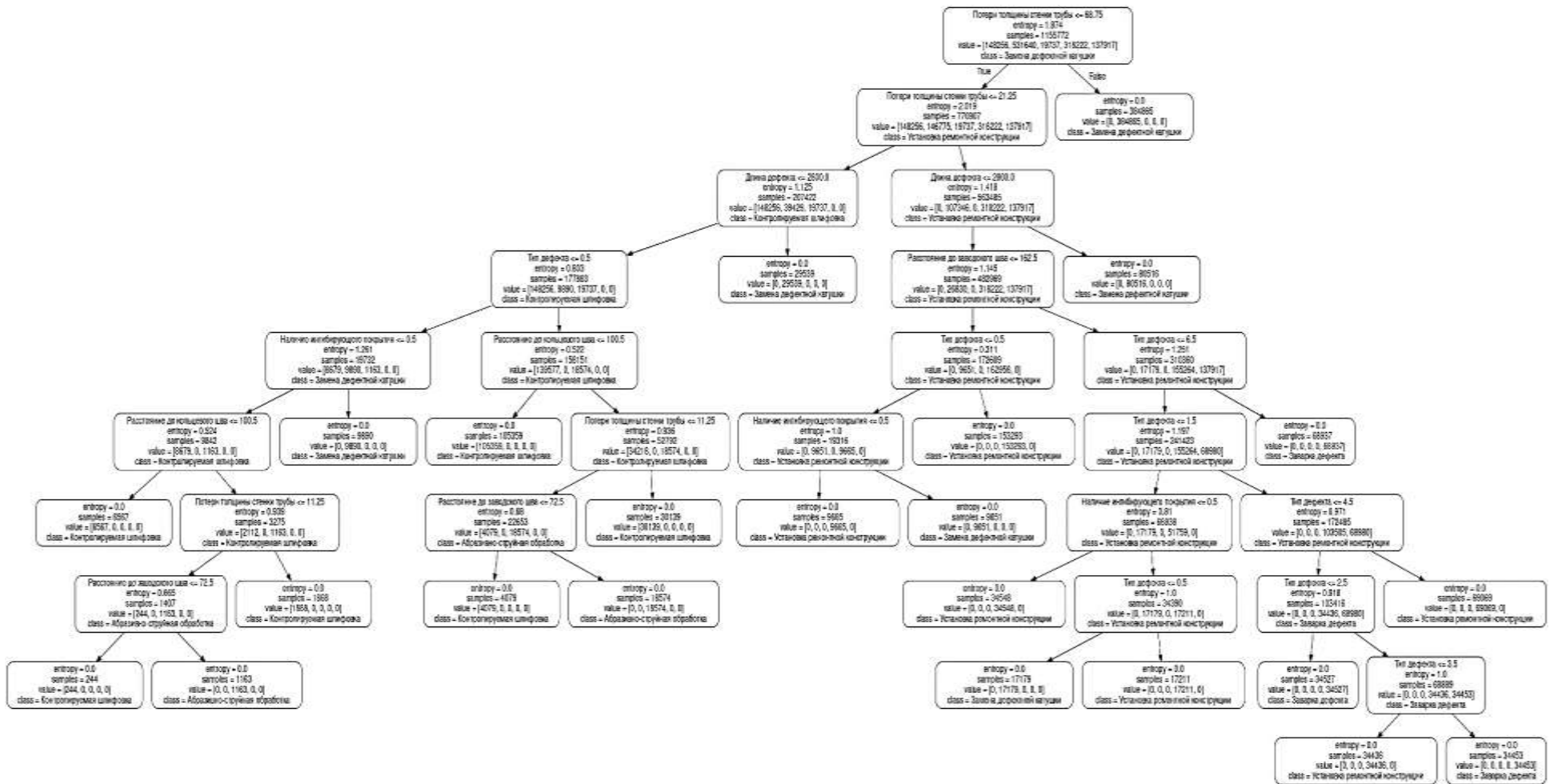


Рисунок 6 – Дерево решений, построенное на расширенном наборе данных по информационному выигрышу.

Библиографический список

1. СТО Газпром 27.3-2.2-006-2023. Управление техническим состоянием и целостностью. Газотранспортная система. Инструкция по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте линейной части магистральных трубопроводов. Введ. 01.06.2023. ПАО «Газпром». – 30 с.
2. СТО Газпром 15-1.2-003-2023. Сварка и неразрушающий контроль сварных соединений. Технологии сварки при ремонте промышленных и магистральных трубопроводов. Введ. 24.01.2023. ПАО «Газпром». – 288 с.
3. РД-23.040.00-КТН-140-11. Методы ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.
4. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47688> (дата обращения: 02.03.2024).
5. Yandex Cloud // Реестр российского программного обеспечения. URL: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/310636/?sphrase_id=785081 (дата обращения: 02.03.2024).
6. Rokach L., Maimon O. (2015). Data Mining with Decision Trees. Theory and Applications. 2nd edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 305 p.

УДК 51-77

Использование степенных рядов при исследовании наращенной суммы вложений

Кусякова И. И.

Научный руководитель – Мужикова А. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Введение. Объектом исследовательской работы являются формулы наращения по схемам простых и сложных процентов и использование степенных рядов для их исследования.

Предметом исследования является:

- 1) исследование возможности использования степенных рядов для получения научных и практических выводов;
- 2) сравнение наращения при разных периодах действия договора с использованием степенных рядов;
- 3) исследование корректности применения степенных рядов для вывода упрощенных формул увеличения капитала в несколько раз.

Ряд – это бесконечная сумма. В зависимости от того, чем являются члены ряды, ряды могут быть числовые или функциональные. Числовые ряды могут быть знакоположительные, знакоотрицательные, с чередующимися знаками и знакопеременные.

Представим числовые ряды с положительными членами и знакочередующиеся:

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n + \dots \quad , \quad \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} u_n = u_1 - u_2 + u_3 - u_4 + \dots + (-1)^{n+1} u_n + \dots$$

Числовой ряд называется сходящимся, если его сумма S является конечным числом. Сумма ряда – это предел частичной суммы при стремлении количества членов к бесконечности. Если ряд функциональный, то находят множество значений переменной x , при которых ряд является сходящимся. Это множество называется областью сходимости ряда. При этом сумма ряда является функцией от x . Функциональный ряд имеет вид

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = u_1(x) + u_2(x) + \dots + u_n(x) + \dots$$

Особое значение в математике имеют степенные ряды – ряды, содержащие степенные функции. Формально любую бесконечно дифференцируемую функцию можно разложить в степенной ряд Маклорена:

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(0)}{2!}x^2 + \frac{f'''(0)}{3!}x^3 + \dots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n \dots$$

Но это не означает того, что полученный ряд будет сходиться, и сходиться именно к этой функции. Известны выведенные разложения некоторых функций в степенные ряды, являющимися их суммами, причем существенно то, что областью сходимости не всегда является вся числовая прямая. Ниже представлены несколько из них.

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots, \quad -\infty < x < +\infty;$$

$$(1+x)^m = 1 + \frac{m}{1!}x + \frac{m(m-1)}{2!}x^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{3!}x^3 + \dots + \frac{m(m-1)\dots(m-n+1)}{n!}x^n + \dots, \quad -1 \leq x \leq 1;$$

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots + (-1)^{n+1} \frac{x^n}{n} + \dots, \quad -1 < x \leq 1.$$

На рисунке 1 представлен график функции $y = e^x$. Известно разложению этой функции в степенной ряд, который сходится к ней на всей числовой прямой. На графике приведены несколько вариантов разложения.

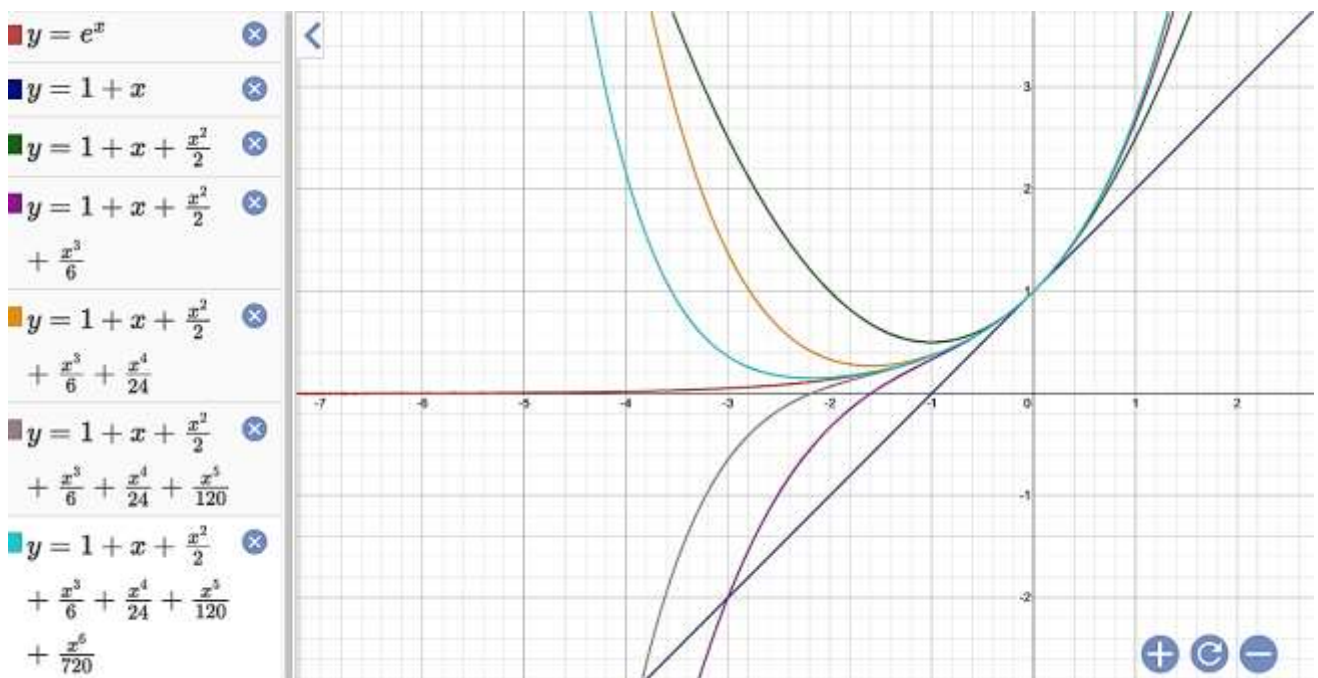


Рисунок 1 – Графики приближений функции $y = e^x$ степенными рядами.

При увеличении количества слагаемых ряда график ряда действительно начинает приближаться к своей сумме. И важно то, что замена функции ее рядом всего лишь с несколькими слагаемыми может служить причиной больших погрешностей в вычислениях, хотя в окрестности нуля совпадение почти идеальное (чем больше x тем больше отброшенные члены, которые и дают погрешность). Замена функции степенным рядом с ограниченным количеством слагаемых используется в приближенных вычислениях значений функции, интегралах, дифференциальных уравнениях. Финансовая математика не исключение. Финансовая математика – раздел прикладной математики, имеющий дело с математическими задачами, связанными с финансовыми расчетами. В финансовой математике любой финансовый инструмент рассматривается с точки зрения генерируемого этим инструментом некоторого (возможно случайного) денежного потока. Основные направления:

- классическая финансовая математика (проведение процентных расчетов; вопросы, связанные с различными долговыми инструментами);
- стохастическая финансовая математика, включающая расчет безарбитражной (или «справедливой») цены финансовых инструментов;
- проведение актуарных расчетов (составляющих математическую основу страхования);
- эконометрические расчеты, связанные с прогнозированием поведения финансовых рынков.

Основная цель финансовой математики – развитие теории и методов увеличения капитала. Пусть первоначальная сумма вложений денежных средств – S_0 , тогда первоначальная сумма вместе с начисленными к концу срока договора процентами называется наращенной суммой. Существует две основные схемы начисления процентов: простых и сложных процентов.

В случае применения схемы простых процентов при $p\%$ годовых наращение осуществляется следующим образом:

$$S_1 = S_0 + \frac{p}{100} \cdot S_0 = S_0 + iS_0 = S_0(1+i)$$

$$S_2 = S_0 + iS_0 + iS_0 = S_0 + 2iS_0 = S_0(1+2i)$$

и т. д. к концу n -го года наращенная сумма станет равной $S_n = S_0(1+ni)$, где $i = \frac{p}{100}$ – ставка процента. В схеме простых процентов проценты ежегодно начисляются на первоначальную сумму, т. е. не капитализируются (не прибавляются к исходной сумме, чаще всего выплачиваются сразу).

В случае применения схемы сложных процентов после первого начисления сумма процентов прибавляется к первоначальной сумме вложения, и далее процент начисляется на наращенную сумму.

$$S_1 = S_0 + \frac{p}{100} \cdot S_0 = S_0 + iS_0 = S_0(1+i)$$

$$S_2 = S_1 + iS_1 = S_1(1+i) = S_0(1+i)^2$$

$$S_n = S_0(1+i)^n$$

Формула простых процентов является линейной относительно периода начисления, сложных – более сложной, степенной функцией, для которой разложение в сходящийся к ней степенной ряд существует и применимо, так как ставка процента $i = \frac{p}{100} \in [0;1]$ и входит в число значений переменной, при которой ряд является абсолютно сходящимся.

Может показаться, что схема сложных процентов более выгодна по сравнению со схемой простых процентов для любого срока начисления процентов – это не совсем так.

На рисунке 2 представлены графики функций наращенных сумм по сложным и простым процентам. Синим – простые, красным – сложные. По оси Ox срок действия договора (период начисления процентов). Графики пересекаются на сроке один год. На сроке больше года, после пересечения функция сложных процентов гораздо выше, а на сроке до года ниже. Данная ситуация была нами исследована, в том числе с помощью рядов.

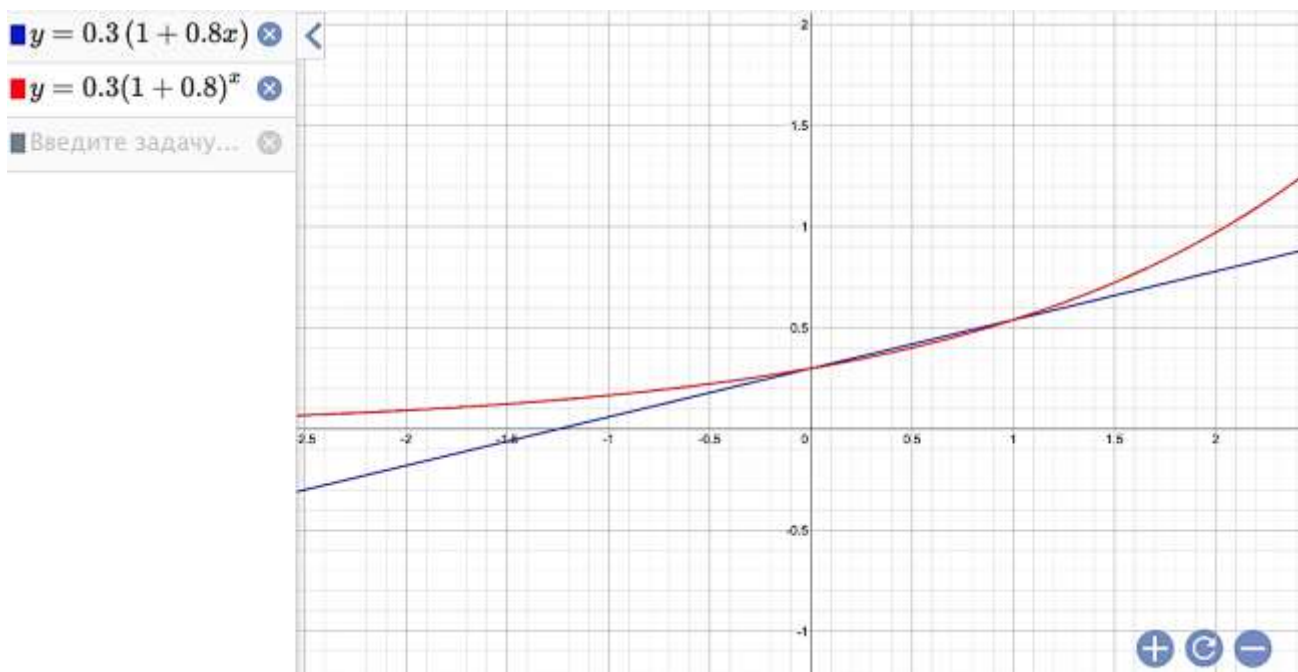


Рисунок 2 – Графики наращенных сумм по сложным и простым процентам.

Исследование наращений по разным схемам на сроке до одного года

$$S'(t) = S_0(1+i)^t \ln(1+i) > 0$$

С помощью первой производной заключаем, что функция сложных процентов возрастает. Но возрастая, она может быть выпуклой, и тогда график выше прямой простых процентов, являющейся хордой для него. Если она является вогнутой, то график расположен под хордой простых процентов.

$$S''(t) = \left(S_0(1+i)^t \ln(1+i) \right)' = S_0 \ln(1+i) \times (1+i)^t \ln(1+i) > 0$$

Вторая производная оказалась положительной, следовательно, график функции наращения по схеме сложных процентов является вогнутым. Это означает, что для срока меньше года, а это краткосрочное вложение, схема простых процентов является более выгодной, чем наращение по схеме сложных процентов. Далее, докажем гипотезу о том, что существует срок до года, когда разница наиболее существенна, т. е. является максимальной.

Таблица 1 – Расчет наращенной суммы для схемы простых и сложных процентов.

		n= 1/12 года	2/12 года	3/12 года	4/12 года	5/12 года	6/12 года	7/12 года	8/12 года	9/12 года	10/12 года	11/12 года	12/12 года
Sn	Простые проценты	101250	102500	103750	105000	106250	107500	108750	110000	111250	112500	113750	115000
Sn	Сложные проценты	101171	102357	103556	104769	105996	107238	108494	109765	111051	112352	113668	115000
	Разница (простые - сложные)	78	143	194	231	254	262	256	235	199	148	82	0

Проведенный вычислительный эксперимент для начальной суммы вложений 100000 руб. и 15% годовых для различных сроков вложений до года показал, что наибольшая разница между наращенными суммами для простых и сложных процентов оказалась для срока полгода. Предположение подтвердилось практически. Рассмотрев функцию разницы между наращением, вычислив производную, была найдена критическая точка, значение которой зависит от начальной процентной ставки:

$$f(t) = S_0(1+ti) - S_0(1+i)^t, \quad t \in (0;1), \quad f'(t) = S_0i - S_0(1+i)^t \ln(1+i),$$

$$f'(t) = 0 \Rightarrow t^* = \log_{1+i} i - \log_{1+i} \ln(1+i)$$

Выражение достаточно сложное для практического вывода, но при $i=0,15$ дает $t \approx 0,51$, что приближенно равно половине года. Продолжим исследования, воспользовавшись приведенным выше разложением функции $(1+x)^m$ в степенной ряд. Все параметры функции, при которых ряд сходится соответствуют требуемым. В качестве x – ставка процента, в качестве степени m – время t .

$$f(t) = S_0(1+ti) - S_0(1+i)^t = S_0(1+ti) - S_0 \left(1+ti + \frac{t(t-1)i^2}{2} \right) = -\frac{S_0 t(t-1)i^2}{2}$$

$$f'(t) = -\frac{S_0 i^2}{2} (2t-1), \quad f'(t) = 0 \text{ при } t = 0,5 \text{ года – точка максимума.}$$

Третье приближение функции позволило найти точку максимума – полгода при любой процентной ставке. Использование степенного ряда позволило сделать обобщенный вывод, что самая большая разница достигается при сроке полгода независимо от процентной ставки.

Исследование приближенных формул срока увеличения капитала

Следующей задачей, в которой используются степенные ряды, это вывод приближенных формул срока удвоения капитала. Ставится задача – за какой срок при определенной процентной ставке удвоится капитал? Или даже более общая задача – за какой срок капитал увеличится в n раз? Если рассматриваются простые проценты, то формула достаточно проста, и носит название «Правило 100».

$$S_0(1+T) = 2S_0, \quad 1+T = 2, \quad T = \frac{1}{i} = \frac{100}{p}$$

Т. е. если процентная ставка 10 процентов, то капитал удвоится 10 лет.

Для случая сложных процентов точная формула срока удвоения капитала содержит ставку процента i под натуральным логарифмом и выглядит в целом достаточно сложно для понимания обычным человеком, не разбирающимся глубоко в математике. Но если воспользоваться разложением в ряд функции логарифма то, формулу можно упростить.

Точная формула будет иметь вид:

$$S_0(1+i)^T = 2S_0, \quad (1+i)^T = 2, \quad T = \log_{1+i} 2 = \frac{1}{\log_2(1+i)} = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)}$$

Если воспользоваться первым приближением, то получится достаточно простая формула. Эта известная формула носит название «Правило 70».

$$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)} \approx \frac{\ln 2}{i} = \frac{\ln 2 \times 100}{p} \approx \frac{70}{p} \quad \tilde{T} = \frac{70}{p}$$

Т. е. если, например, процентная ставка 10 процентов, то капитал удвоится уже не за 10 лет, как при простых процентах, а за 7 лет. Если же воспользоваться вторым приближением, т. е. взять уже два слагаемых ряда, то формула будет точнее, но будет ли она проще?

$$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)} \approx \frac{\ln 2}{i - \frac{i^2}{2}} = \frac{\ln 2}{i} \cdot \frac{2}{2-i} = \frac{\ln 2}{i} \cdot \frac{2-i+i}{2-i} = \frac{\ln 2}{i} \left(1 + \frac{i}{2-i} \right) = \frac{\ln 2}{i} + \frac{\ln 2}{2-i} \quad \tilde{T} = \frac{2 \ln 2}{i(2-i)}$$

Нет, так не оказалось. Поэтому финансисты используют первое приближение – «Правило 70». В реальной финансовой практике используется, и случай, когда проценты начисляются несколько раз в году: ежемесячно, поквартально, и т. д. Для этого случая также были выведены формулы срока удвоения капитала точные и приближенные с помощью того же степенного ряда.

Точная формула:

$$S_0 \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mT} = 2S_0 \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mT} = 2, \quad mT = \log_{1+\frac{i}{m}} 2 = \frac{\ln 2}{\ln\left(1 + \frac{i}{m}\right)}, \quad T = \frac{\ln 2}{m \ln\left(1 + \frac{i}{m}\right)}.$$

Первое приближение:

$$\ln\left(1 + \frac{i}{m}\right) \approx \frac{i}{m}, \quad T \approx \frac{\ln 2}{m \frac{i}{m}} = \frac{\ln 2}{i} = \frac{100 \ln 2}{p} \approx \frac{70}{p}, \quad \tilde{T} = \frac{70}{p}.$$

Второе приближение:

$$\ln\left(1 + \frac{i}{m}\right) \approx \frac{i}{m} - \frac{i^2}{2m^2}, \quad T \approx \frac{\ln 2}{\left(i - \frac{i^2}{2m}\right)} = \frac{\ln 2}{i \left(1 - \frac{i}{2m}\right)} \tilde{T} = \frac{\ln 2}{i \left(1 - \frac{i}{2m}\right)} \rightarrow \frac{\ln 2}{i}$$

при $m \rightarrow \infty$.

Заметим, что первая приближенная формула при кратном начислении процентов совпадает с той, при которой проценты начисляются один раз в год. Это не соответствует действительности. Ведь чем чаще начисляются проценты, тем быстрее идет наращение первоначального капитала, и тем быстрее он удвоится. То есть приближенные формулы вызывают ряд вопросов.

Все выведенные точные и приближенные формулы срока удвоения капитала сведены в таблицу. Проведен расчет точных значений, приближенных, и относительной погрешности приближенных значений для случая процентной ставки 15% (Таблица 2). Заметим, что вычисленные погрешности для данного примера допустимы. Но погрешность срока 5,85 % при однократном начислении процентов вызвала сомнение по сравнению с другими совсем небольшими погрешностями при других способах начисления процентов.

Ниже на рисунке 3 представлен график логарифмической функции и ее приближение степенным рядом. Заметим, что все приближения: первое, второе и даже третье, которые используются для вывода формул, не близки к графику исходной функции для значений переменной x от 0 до 1, являющейся в нашем случае ставкой процента i .

Проведенные расчеты относительной погрешности при применении приближенных формул срока удвоения капитала показал, что для первого приближения для процента от 1 до 100 абсолютная погрешность принимает ограниченные значения от 31 сотой до 35 сотых, что составляет треть года, независимо от ставки процента. Очевидно, что для долгосрочного планирования треть года не существенна, а для краткосрочного, более используемого в настоящее время, это уже существенная погрешность. Относительная погрешность увеличивается от 0 до 30%. Что подтверждает наши сомнения и указывает на необходимость использования точных формул сроков удвоения капитала несмотря на возможные математические трудности при их использовании.

Аналогичные выводы можно распространить и на срок увеличения капитала в n -раз. Соответствующие приближенные формулы и расчеты так же были выполнены и приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Результаты вывода формул и расчетов срока удвоения капитала.

Способ начисления процентов	Точная формула	Приближенная формула	Пример (лет)	Относительная погрешность
1) Простые проценты.	$T = \frac{100}{p}$	-	$T = 6\frac{2}{3}$	$\delta = \frac{ T - \tilde{T} }{T} \times 100\%$
2) Сложные проценты. Однократное начисление. -Первое приближение	$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)}$	$\tilde{T}_1 = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,96$ $\tilde{T}_1 \approx 4,67$	$\delta \approx 5,85\%$
3) Сложные проценты. Однократное начисление. -Второе приближение	$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)}$	$\tilde{T}_2 = \frac{2 \ln 2}{i(2-i)}$	$T \approx 4,96$ $\tilde{T}_2 \approx 5$	$\delta \approx 0,81\%$
4) Сложные проценты. Непрерывное начисление.	$T = \frac{\ln 2}{i}$	$\tilde{T} = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,62$ $\tilde{T} \approx 4,67$	$\delta \approx 1,08\%$
5) Сложные проценты. Кратное начисление. -Первое приближение.	$T = \frac{\ln 2}{m \ln(1 + \frac{i}{m})}$	$\tilde{T}_1 = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,71$ $\tilde{T}_1 \approx 4,67$	$\delta \approx 0,01\%$
6) Сложные проценты. Кратное начисление. -Второе приближение.	$T = \frac{\ln 2}{m \ln(1 + \frac{i}{m})}$	$\tilde{T}_2 = \frac{\ln 2}{i(1 - \frac{i}{2m})}$	$T \approx 4,71$ $\tilde{T}_2 \approx 4,71$	$\delta \approx 0\%$

$p = 15\%$ $i = 0,15$ $m = 4$ (ежеквартальное начисление)

-Округление до сотых

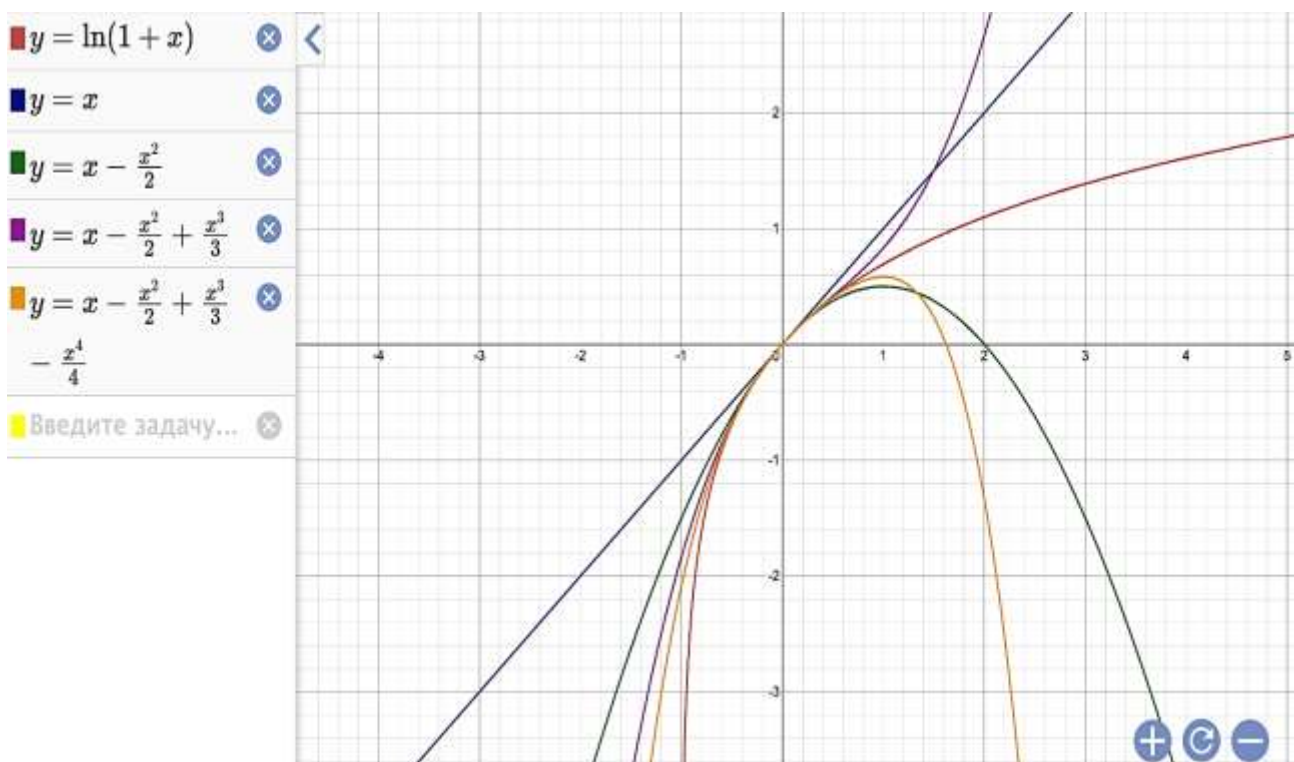


Рисунок 3 – График логарифмической функции и ее приближение степенным рядом.

Таблица 3 – Результаты вывода формул и расчетов срока увеличения капитала в n раз.

Способ начисления процентов	Точная формула	Приближенная формула	Пример (лет)	Относительная погрешность
1) Простые проценты.	$T = \frac{100}{p}$	-	$T = 6\frac{2}{3}$	$\delta = \frac{ T - \hat{T} }{T} \times 100\%$
2) Сложные проценты. Однократное начисление. -Первое приближение	$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)}$	$\hat{T}_1 = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,96$ $\hat{T}_1 \approx 4,67$	$\delta \approx 5,85\%$
3) Сложные проценты. Однократное начисление. -Второе приближение	$T = \frac{\ln 2}{\ln(1+i)}$	$\hat{T}_2 = \frac{2 \ln 2}{i(2-i)}$	$T \approx 4,96$ $\hat{T}_2 \approx 5$	$\delta \approx 0,81\%$
4) Сложные проценты. Непрерывное начисление.	$T = \frac{\ln 2}{i}$	$\hat{T} = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,62$ $\hat{T} \approx 4,67$	$\delta \approx 1,08\%$
5) Сложные проценты. Кратное начисление. -Первое приближение.	$T = \frac{\ln 2}{m \ln(1 + \frac{i}{m})}$	$\hat{T}_1 = \frac{70}{p}$	$T \approx 4,71$ $\hat{T}_1 \approx 4,67$	$\delta \approx 0,01\%$
6) Сложные проценты. Кратное начисление. -Второе приближение.	$T = \frac{\ln 2}{m \ln(1 + \frac{i}{m})}$	$\hat{T}_2 = \frac{\ln 2}{i(1 - \frac{i}{2m})}$	$T \approx 4,71$ $\hat{T}_2 \approx 4,71$	$\delta \approx 0\%$

$p = 15\% \quad i = 0,15 \quad m = 4$ (ежеквартальное начисление) -Округление до сотых

Заключение. Можно сделать следующие выводы:

- 1) Ряды могут успешно использоваться для получения научных и практических выводов в финансовой математике.
- 2) Применение рядов для вывода и использования приближенных формул для краткосрочных и среднесрочных финансовых вложений считаем неприемлемым.

Библиографический список:

1. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д. Т. Письменный. – 10-е изд., испр. – / М.: Айрис-пресс, 2011. – 608 с.
2. Финансовая математика : учебное пособие / П. Н. Брусов, Т. В. Филатова, Н. П. Орехова, [и др.]. – 5-е изд., испр. доп. – Москва : КНОРУС, 2022. – 258 с.

УДК 519.2

Цепи Маркова как метод прогнозирования

Андреев М. А., Вергун М. Ю.

Научный руководитель – Хабаева Е. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Среди случайных процессов важную роль играют марковские, названные по фамилии Андрея Андреевича Маркова, российского математика, который впервые начал их изучать. Одной из самых известных его работ является разработка математической модели, получившей название «Марковские цепи».

Термин был впервые введен в 1906 году в статье «О предельном распределении одного класса связанных случайных величин», где он изучал статистическое поведение цепочки взаимосвязанных случайных событий.

Суть модели представлена на рисунке 1 и заключается в том, что она позволяет предсказывать вероятность перехода из одного состояния в другое на основе текущего состояния.

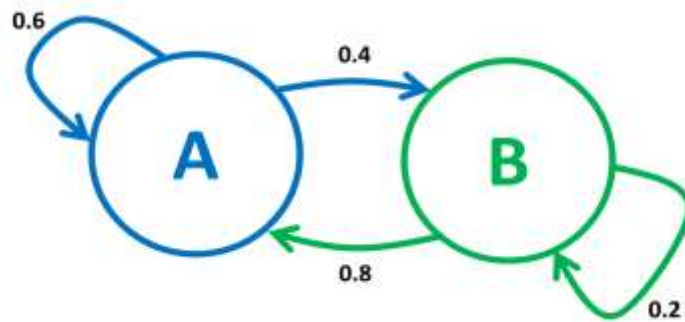


Рисунок 1 – Наглядная суть Марковской модели.

Это означает, что прошлое не имеет влияния на будущее, и вероятности являются фиксированными для каждого текущего состояния. Благодаря этому Марковские цепи часто используются для моделирования процессов, которые могут быть описаны как последовательность случайных событий.

Само же моделирование процессов применяется во многих науках и отраслях, не исключение и геология, проектирование, разработка и эксплуатация НГМ.

Для демонстрации решения задач необходимо ознакомиться с методикой проведения расчетов, которая включает в себя несколько этапов:

1. Выбор исходных данных для расчетов
2. Составление схемы зависимости последовательных значений
3. Расчет вероятностей перехода и составление матрицы переходных вероятностей
4. Расчет вектора предельных вероятностей по полученной матрице
5. Формулировка выводов.

Задача I:

Построение Марковской модели изменения пористости по глубине пласта

Цель - построить Марковскую модель изменения пористости по глубине пласта.

Формулировка задачи:

1. По данным испытания керна, приведенных в работах Лысенко В. Д., рассчитать вероятности изменения значений пористости по глубине пласта;
2. Рассчитать векторы предельных вероятностей в краткосрочной и долгосрочной перспективах по полученным ранее вероятностям;
3. Рассчитать среднее значение пористости.

Из керна последовательно отобраны образцы, по которым определена пористость. В результате измерений 61 образца получен ряд пористости (в %).

Для наглядности разобьем диапазон рассеивания пористости на три равных интервала: 4–10%; 10 – 16 % и 16 – 22 % со средними значениями 7 %, 13 % и 19 % соответственно. На рисунке 2 приведена зависимость предыдущих значений пористости y_i от последующих y_{i+1} .

По рисунку 2 можно составить матрицу повторяемости перехода пористости от одного диапазона к другому, нормируя которую по строкам, получаем матрицу переходных вероятностей чередования пористости по глубине пласта, представленную на рисунке 3.

Важно учитывать, в какой перспективе выполняется прогнозирование.

В случае краткосрочной перспективы (в данной ситуации – небольшая глубина отбора керна) прогнозирование выполняется, учитывая начальное положение системы и количество измерений. Например, предположим, что при очередном отборе керна пористость оказалась в диапазоне 4 – 10%. Значит, вектор начального распределения будет $P_0 = (1 \ 0 \ 0)$. Тогда при втором измерении, которое высчитывается по общей формуле $P_n = P_{n-1} \times P$, получим: $P_1 = P_0 \times P = (0,385 \ 0,385 \ 0,23)$.

Если прогнозирование выполняется в долгосрочной перспективе (в данной ситуации – большая глубина отбора керна), то по матрице переходных вероятностей чередования пористости по глубине пласта рассчитывается вектор предельных вероятностей P_j путем умножения этой матрицы на вектор начального распределения, как показано на рисунке 4.

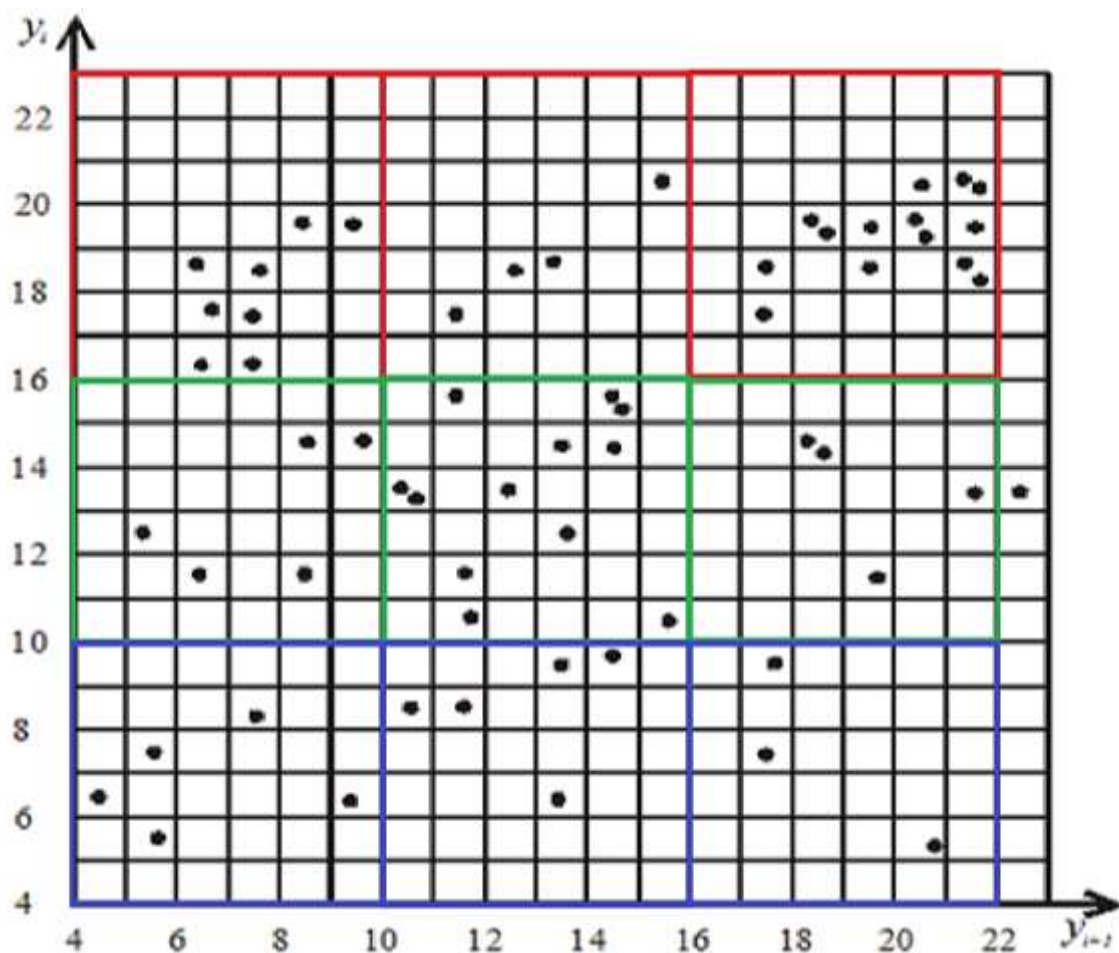


Рисунок 2 - Схема зависимости последовательных значений пористости (в %).

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 & 4-10\% & 10-16\% & 16-22\% \\
 4-10\% & & & \\
 10-16\% & & & \\
 16-22\% & & &
 \end{array} \\
 P = \begin{pmatrix}
 0,385 & 0,385 & 0,23 \\
 0,23 & 0,54 & 0,23 \\
 0,31 & 0,15 & 0,54
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Рисунок 3 - Матрица переходных вероятностей чередования пористости по глубине пласта.

$$(P_1 \ P_2 \ P_3) = (P_1 \ P_2 \ P_3) \times \begin{pmatrix}
 0,385 & 0,385 & 0,23 \\
 0,23 & 0,54 & 0,23 \\
 0,31 & 0,15 & 0,54
 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4 – Расчет вектора предельных значений.

В результате решения системы уравнений получаем вектор предельных вероятностей $P_j = (0,304 \ 0,363 \ 0,333)$. Знание финальной вероятности вектора средних значений позволяет решить две важные задачи: определить среднее значение пористости $m = 7 \times 0,304 + 13 \times 0,363 + 19 \times 0,333 = 13,174$ и предсказать значение пористости последующих слоев. Так, если пористость предыдущего слоя оказалась в пределах 4 – 10 %, то в последующем слое пористость будет изменяться в пределах 4 – 10 % с вероятностью $\alpha_1 = 0,304$, в пределах 10 – 16 % – $\alpha_2 = 0,363$ и в пределах 16 – 22 % – $\alpha_3 = 0,333$.

Задача II:

Построение Марковской модели изменения суточного дебита нефти на месторождении

Цель - построить Марковскую модель изменения суточного дебита нефти на месторождении.

Формулировка задачи:

1. По данным замеров дебита нефти, рассчитать вероятности изменения значений суточного дебита нефти на месторождении;
2. Рассчитать вектор предельных вероятностей по полученным ранее вероятностям;
3. Рассчитать среднее значение суточного дебита нефти.

Каждые сутки проводились замеры дебита нефти на месторождении. В результате получено 98 значений. Для наглядности разобьем диапазон рассеивания на три равных интервала: 74–82; 82 – 90 и 90 – 98 со средними значениями 78, 86 и 94 соответственно.

На рисунке 5 приведена зависимость предыдущих значений суточного дебита нефти от последующих.

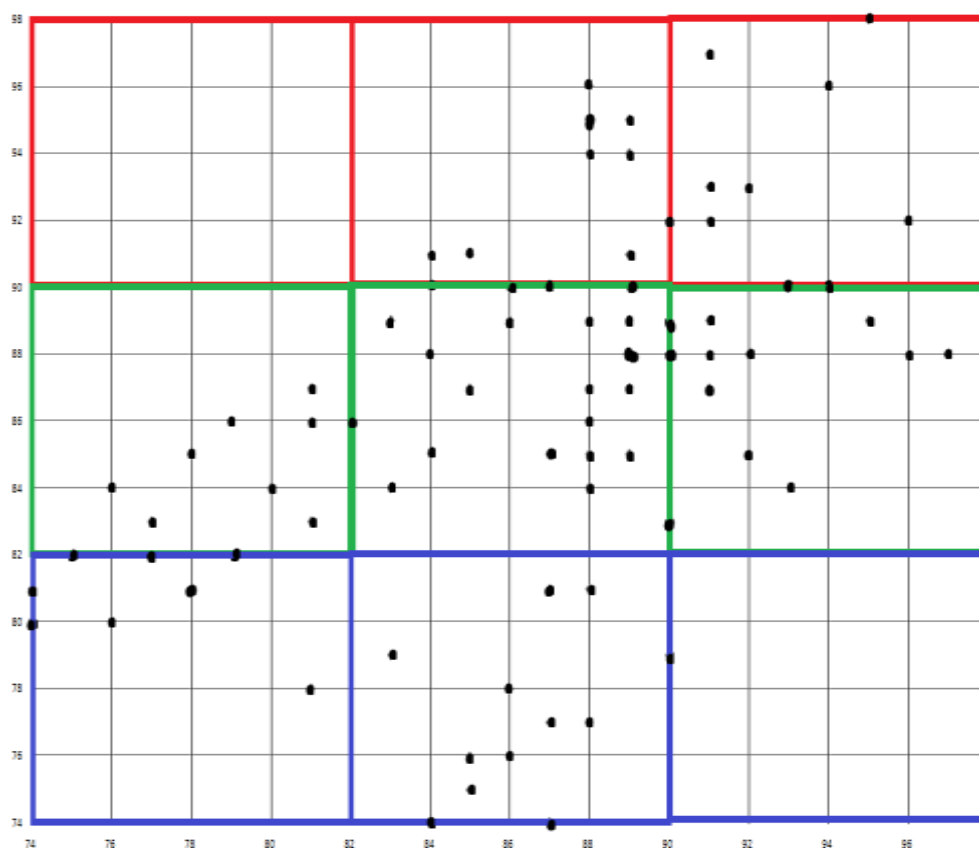


Рисунок 5 – Схема зависимости последовательных значений суточного дебита нефти, т/сут.

По рисунку 5 можно составить матрицу повторяемости перехода дебита от одного диапазона к другому, нормируя которую по строкам, получаем матрицу переходных вероятностей, представленную на рисунке 6.

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 74-82 & 82-90 & 90-98 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 74-80 \\ 82-90 \\ 90-98 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0,4 & 0,6 & 0 \\ 0,298 & 0,383 & 0,319 \\ 0 & 0,609 & 0,391 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Рисунок 6 – Матрица переходных вероятностей чередования суточного дебита нефти на месторождении.

По матрице переходных вероятностей чередования дебита рассчитываем вектор предельных вероятностей $P_j = (0,24 \ 0,50 \ 0,26)$, как показано на рисунке 7.

$$(P_1 \ P_2 \ P_3) = (P_1 \ P_2 \ P_3) \times \begin{pmatrix} 0,4 & 0,6 & 0 \\ 0,298 & 0,383 & 0,319 \\ 0 & 0,609 & 0,391 \end{pmatrix}$$

Рисунок 7 – Расчет вектора предельных значений.

Знание финальной вероятности вектора средних значений позволяет решить две важные задачи: определить среднее значение суточного дебита на месторождении: $m = 78 \times 0,24 + 86 \times 0,50 + 94 \times 0,26 = 86,16$ и предсказать значение дебита последующих суток.

В рамках исследований выполнены следующие задачи:

1. Изучен теоретический материал по теме
2. Изучена методика проведения расчетов
3. Сформулированы задачи для демонстрации метода, подобраны исходные данные для выполнения расчетов
4. Выбраны средства для выполнения расчетов и построений
5. Выполнены расчеты
6. Проведен анализ полученных результатов.

Библиографический список:

1. Анализ эффективности применения долот на нефтегазовых скважинах в пределах непского свода / Р.У. Сираев, Р.Х. Акчурина, В.В. Че, А.Г. Вахромеев // ВЕСТНИК ИРГТУ. – 2013. - №5. – с.72-77.
2. Классификация PDC и алмазных долот и бурголовок по коду IADC [Электронный ресурс]. - <http://burintekh.ru/upload/iblock/783/783d2b431d89083ed5a23289ffff0e75.pdf>.
3. <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/732424/>
4. <https://studfile.net/preview/7279165/page:3/>
5. https://cmp.phys.msu.ru/sites/default/files/01_Markov_Chain_0.pdf
6. <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/9669/1/Шило В.В. МОб-1501.pdf>

УДК:512

Применение матриц для решения задач в различных сферах деятельности

Ветренникова Н. С., Меньникова А. Ю.

Научный руководитель – Мотрюк Е. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Матрица — это математический объект, который записывается в виде прямоугольной таблицы элементов. Эта таблица представляет собой совокупность строк и столбцов, на пересечении которых находятся элементы матрицы.[2]

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Матрица — это вездесущий элемент в различных областях

Математика: В математике, матрица — это прямоугольная таблица чисел, символов или выражений, упорядоченных по строкам и столбцам. Они используются для решения систем линейных уравнений и представления линейных преобразований.

Психология: В психологии, матрица может быть использована как инструмент для представления и анализа данных, например, в тестах на интеллект, таких как прогрессивные матрицы Равена.

Геология: В геологии, матрицы могут быть использованы для представления и анализа геологических данных, например, в моделировании геологических процессов.

Экономика: В экономике, матрицы используются для представления и анализа экономических данных, например, в моделировании экономических процессов.

Биология: В биологии, матрицы могут быть использованы для представления и анализа биологических данных, например, в генетическом анализе.

Матрицы применяются в ЖКХ.

Матричный подход к управлению в сфере жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ) представляет собой современный метод, который позволяет определить дальнейшие направления развития исследуемой сферы в конкретных муниципальных образованиях.

Базовые матрицы предполагают проведение классификации территорий по уровню развития сферы ЖКУ (развитая, благополучная, типичная, депрессивная, кризисная) и определения векторов развития (рис.1).

Для городов Кемеровской области, например, была проведена классификация городов на основе матричного подхода, составлена сводная матрица, позволяющая определить статус городов по уровню развития сферы и основные направления развития. Этот подход имеет практическое значение при разработке стратегий и программ развития сферы.

Значения	Уровень выше среднего	Средний уровень	Уровень ниже среднего
Уровень выше среднего	Интенсивное развитие	Поступательное развитие по ключевому параметру	Расширение сферы в пределах одного
Средний уровень	Поступательное развитие по ключевому параметру		Поступательный спад по ключевому параметру
Уровень ниже среднего	Сужение сферы в пределах одного типа	Поступательный спад по ключевому параметру	Экстенсивное развитие

Рисунок 1- Матрица классификации территорий.

Пример применения матриц в экономике. Рассмотрим задачу, которую можно решить несколькими способами: аналитическим и матричным.[1]

Пусть предприятие выпускает продукцию трёх видов (P1, P2, P3), использует сырьё двух типов (S1, S2), а нормы расхода:

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \\ 8 & 1 \end{pmatrix} \quad C = (50 \quad 60 \quad 150)$$

Стоимость единицы каждого типа сырья (ден.ед): $B = \begin{pmatrix} 50 \\ 45 \end{pmatrix}$

Таблица 1 – Сравнение решения задачи аналитическим и матричным способом.

Решение аналитическим способом:	Решение в матричном виде:
Затраты сырья	
Затраты 1-го сырья составляют $S1 = 7 \times 50 + 4 \times 60 + 8 \times 150 = 1790$ (ед.) Затраты 2-го сырья составляют $S2 = 5 \times 50 + 3 \times 60 + 1 \times 150 = 580$ (ед.)	$S = C \times A$, где S – затраты сырья; C – заказ; A – матрица производства. $S = (50 \quad 60 \quad 150) \times \begin{pmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \\ 8 & 1 \end{pmatrix} = (1790 \quad 580)$
Общая стоимость сырья	
$Q = 1790 \times 50 + 580 \times 45 = 115600$ (ден.ед.)	$Q = S \times B = (1790 \quad 580) \times \begin{pmatrix} 50 \\ 45 \end{pmatrix} = (115600)$

Вывод: видно, что при решении с помощью матриц значительно уменьшается количество действий и информация представлена в удобном виде.

Рассмотрим **пример**. Нам даны поступления товаров на 1 и 2 склады. Необходимо найти суммарный и годовой завоз на эти склады. Найдем суммарный завоз с помощью сложений 1 и 2 матрицы, а годовой завоз с помощью умножения суммарного завоза на количество месяцев в году.

Поступление товаров на первый и второй склад описываются матрицами:

$$A1 = \begin{pmatrix} 16 & 20 & 100 \\ 30 & 19 & 50 \\ 26 & 34 & 82 \end{pmatrix}; A2 = \begin{pmatrix} 110 & 32 & 49 \\ 28 & 25 & 75 \\ 37 & 16 & 86 \end{pmatrix}$$

Найти суммарный завоз товаров на склады; годовой завоз на склады, если по договору, производится ежемесячный завоз одинаковых партий товаров.

Решение:

Найдём суммарный завоз:

$$A1 + A2 = \begin{pmatrix} 16 & 20 & 100 \\ 30 & 19 & 50 \\ 26 & 34 & 82 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 110 & 32 & 49 \\ 28 & 25 & 75 \\ 37 & 16 & 86 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 126 & 52 & 149 \\ 58 & 44 & 125 \\ 63 & 50 & 186 \end{pmatrix}$$

Найдём годовой завоз:

$$12 \times (A1 + A2) = \begin{pmatrix} 126 & 52 & 149 \\ 58 & 44 & 125 \\ 63 & 50 & 186 \end{pmatrix} \times 12 = \begin{pmatrix} 1512 & 624 & 1788 \\ 696 & 528 & 1500 \\ 756 & 600 & 2016 \end{pmatrix}$$

Применение **матриц в экономике** не может обойтись и без **матрицы Абеля**, она используется на этапе выбора стратегии для анализа сфер деятельности компании.

Матрица Абеля включает в себя три оси:

Потребности клиентов. Необходимо идентифицировать и перечислить все потребности клиентов на основе своих продуктов или услуг.

Технологии. В дополнение к технологиям, которые используются для создания продукта, существуют технологии для позиционирования и продвижения продукта на рынке.

Группы потребителей. Благодаря глубокому пониманию нужд различных целевых групп компания может делать направленные (персонализированные) предложения продукта или услуги.

В **психологии** используются **матрицы Равена**.

Прогрессивные матрицы Равена – тест на наглядное и в то же время абстрактное мышление по аналогии (тест интеллекта), разработанный англ. психологом Дж. Равеном

Каждая задача состоит из 2 частей: основного рисунка (геометрического узора) с пробелом в правом нижнем углу и набора из 6 или 8 фрагментов, находящихся под основным рисунком. Из этих фрагментов требуется выбрать один, который, будучи поставленным на место пробела, точно подходил бы к рисунку в целом.

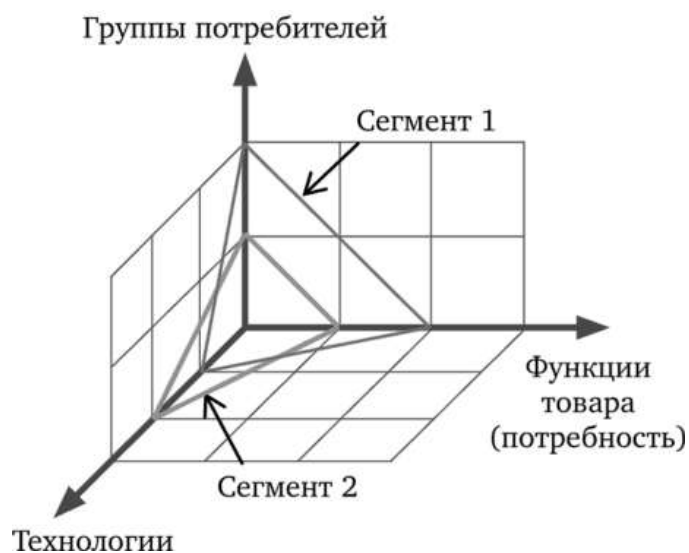


Рисунок 2 - Матрица Абеля.

Тест предназначен для определения уровня интеллектуального развития испытуемых в возрасте от 4,5 лет.

Успешность выполнения теста интерпретируется как показатель способности к научению на основе обобщения собственного опыта и создания схем, позволяющих обрабатывать сложные события. Более высокие показатели по этому тесту показывают те, кто а) быстрее, и б) точнее определяет логические закономерности в построении упорядоченного ряда состоящего из графических объектов, имеющих ограниченное количество признаков.

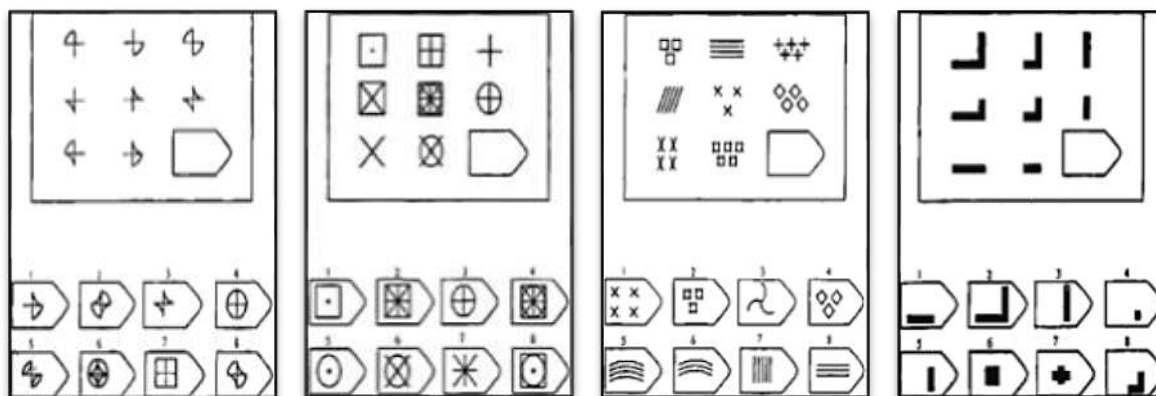


Рисунок 3 – Пример матриц Равена.

Матрица Эйзенхауэра – это специальная таблица для записи задач, состоящая из 4 полей (или «квадрантов»), которые позволяют однозначно распределить задачи по приоритету.

Для каждой задачи определяется всего два параметра: важность и срочность. После этого, в зависимости от комбинации этих параметров, она заносится в определенную клетку матрицы.

Она помогает расставлять приоритеты: делать важное и не тратить время на ненужное. Матрица подходит как для работы, так и для семейных дел.

Математические матрицы играют важную роль в геологии, особенно в следующих областях:

- Моделирование геологических процессов.
- Анализ геологических данных.
- Геостатистика.
- Картографирование и визуализация.
- Решение геологических задач.

Математические матрицы помогают геологам в анализе сложных данных, что важно для понимания земных процессов и управления природными ресурсами.[3]



Рисунок 4 - Матрица Эйзенхауэра.

Математические матрицы находят широкое применение в данных областях биологии:

- Анализ геномных данных.
- Моделирование популяций.
- Структурная биология.
- Биостатистика.

Они помогают биологам лучше понять и интерпретировать биологические процессы и данные.

В работе проведен обзор сфер деятельности, в которых для представления и анализа данных используются матрицы.

Библиографический список:

1. Блинова, Ю. Ю., Родина, Е. В. (2020). Решение экономических задач матричным методом. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет.
2. Матрица, ее история и применение [Электронный ресурс]. – URL: <https://urok.1sept.ru/articles/637896> (дата обращения: 02.03.2024)
3. Применение матриц в различных областях науки [Электронный ресурс]. – URL: <https://multiurok.ru/files/primenenie-matrits-v-razlichnykh-oblastiakh-nauki.html> (дата обращения: 02.03.2024).

Расчёт тепловых потерь резервуара вертикального стального

Матвеев В. И., Лебедь А. Д.

Научный руководитель – Лютоев А. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Нефтяная сфера – это одна из ключевых и стратегически значимых отраслей российской экономики, доходы от которой через налоги и экспортные пошлины вносят значительный вклад в государственный бюджет. Ориентация на экспорт в нефтяной отрасли сильно зависит от мировой экономической обстановки, спроса и предложения на рынке нефтепродуктов. Сегодня при разработке газовых и нефтяных трубопроводных систем, включая основные линии, а также сооружений на участках хранения топлива, включая РВС (резервуаров вертикальных стальных), широко применяются материалы для теплоизоляции. Этот процесс необходим не только для решения технических задач на объектах нефтегазовой отрасли, таких как поддержание определенной температуры продукта в процессе транспортировки, но и для экономии энергоресурсов. Вопросы прочности трубопроводов и их надежности становятся все более актуальными с каждым днем. Одним из таких важных вопросов является эффективность использования теплоизоляционных материалов и потери тепла.

Целью работы является изучение зависимости тепловых потерь от характеристик РВС.

Вертикальный стальной резервуар (РВС) – это емкость, предназначенная для хранения различных видов жидкостей (например, нефти, нефтепродуктов, воды, химических веществ и т.д.) и газов. Резервуары изготавливаются из стали и имеют вертикальную ориентацию для экономии пространства и простоты обслуживания.

Расчет тепловых потерь РВС является актуальным, так как он позволяет определить необходимую теплоизоляцию для резервуара и оценить потери тепла. Это, в свою очередь, позволяет снизить затраты и сохранить энергию. Кроме того, расчет тепловых потерь может помочь в определении оптимальных условий для хранения различных продуктов в резервуаре.

Проблема тепловых потерь резервуаров вертикальных стальных является актуальной для предприятий, занимающихся хранением и переработкой нефти и нефтепродуктов. Тепловые потери могут привести к значительным потерям продукта, снижению его качества и увеличению затрат на подогрев.

Основные причины тепловых потерь в РВС:

- 1) Отсутствие или недостаточное утепление резервуара.
- 2) Высокая теплопроводность материалов, из которых изготовлен резервуар.
- 3) Неправильная установка резервуара (например, на сквозняке).
- 4) Нестабильность температур окружающей среды.
- 5) Утечки продукта через уплотнения и трещины в резервуаре.

Вертикальные стальные резервуары могут иметь различные объемы (от нескольких десятков до миллионов кубических метров) и формы (цилиндрические, конусные, сферические и др.). Они устанавливаются на специальных площадках (резервуарных парках) и оснащаются оборудованием для загрузки, выгрузки, измерения количества и контроля качества хранимых продуктов.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации вертикальные стальные резервуары имеют различные конструктивные особенности и могут быть дополнительно оснащены системами подогрева, теплоизоляции, устройствами для предотвращения коррозии и других видов защиты.

Материалом для стенки РВС обычно служит черная сталь.

РВС часто требуют тепловой изоляции для обеспечения безопасной и эффективной работы. Тепловая изоляция помогает уменьшить потери тепла или холода, снижает энергопотребление и защищает окружающую среду от вредных выбросов.

Тепловая изоляция может быть выполнена с использованием различных материалов, таких как минеральная вата, пенопласт, полиуретан и другие. Выбор материала зависит от условий эксплуатации, требований к эффективности и стоимости.

Для обеспечения долговечности и эффективности тепловой изоляции необходимо использовать качественные материалы, правильно их монтировать и регулярно проверять состояние изоляции. Это поможет обеспечить надежную работу РВС и снизить затраты на энергоресурсы.

При проектировании РВС играет ключевую роль поддержание оптимального температурного режима, что является основной задачей изоляции. При хранении нефтяной смеси в резервуаре происходит выделение тепла из-за разности с окружающей средой.

При снижении температуры ниже определенного уровня сырая нефть начинает разделяться, осадок скапливается на стенках РВС. При дальнейшем снижении температуры нефть не только становится более вязкой, но и увеличивается объем осадка. В условиях холодного климата теплопотери через стенку РВС могут быть значительными. Для поддержания нефти в оптимальном температурном режиме предусматриваются меры контроля теплового режима. Теплоизоляционные материалы помогают уменьшить количество потерь.

Изоляционный материал, покрывающий внешнюю поверхность РВС, помогает снизить скорость охлаждения. Таким образом, изоляция труб РВС является обязательной мерой, позволяющей избежать перегрева или остывания топлива, сохраняя энергию, подаваемую охладителями в резервуар.

Для расчета тепловых потерь РВС мы использовали программу Mathcad, которая является системой компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования. Это приложение ориентировано на создание интерактивных документов с вычислениями и визуальным представлением данных.

Мы выбрали Mathcad для расчета тепловых потерь, так как программа обладает простым и интуитивно понятным интерфейсом, что делает ее использование легким даже для пользователей без специальных навыков в программировании. В Mathcad можно организовать вычисления в удобном формате, делая их более наглядными и понятными.

Таким образом, выбор Mathcad для расчета тепловых потерь РВС обусловлен его удобством, простотой использования, возможностью визуального представления данных и коллективной работы, что делает процесс расчетов более эффективным и продуктивным.

Рассчитаем тепловые потери при следующих начальных данных.

$t := 40$ градусов, температура РВС (теплоносителя)

$t_n := -25$ градусов, температура окружающего воздуха

$\delta_{из1} := 0.05$ м, толщина изоляции

$\lambda_{из1} := 0.76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ штукатурка цементно-песчаная (коэффициент теплопроводности изоляции)

$a_v := 63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ коэффициент тепловосприятия стенкой (материал – сталь 08кп)

$\alpha_n := 29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ коэффициент теплоотдачи от стенки в окружающий воздух (СНиП II-3-79*)

$\lambda_{из2} := 0.025 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ пенополиуретановые панели (коэффициент теплопроводности изоляции)

$\lambda_{из3} := 0.045 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ вата минеральная лёгкая (коэффициент теплопроводности изоляции)

$\delta_{из2} := 0.05$ м, толщина изоляции

$\delta_{из3} := 0.05$ м, толщина изоляции

q – тепловые потери, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$$q := \frac{t - t_n}{\left(\frac{1}{a_v} + \frac{\delta_{из1}}{\lambda_{из1}} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{из2}}{\lambda_{из2}} + \frac{\delta_{из3}}{\lambda_{из3}} \right)}$$

При таких данных значение тепловых потерь получим: $q = 20.141 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

На рисунке 1 представлен график зависимости тепловых потерь от температуры внешней среды. В качестве данных взяли минимальные и максимальные температуры в северных районах Республики Коми.

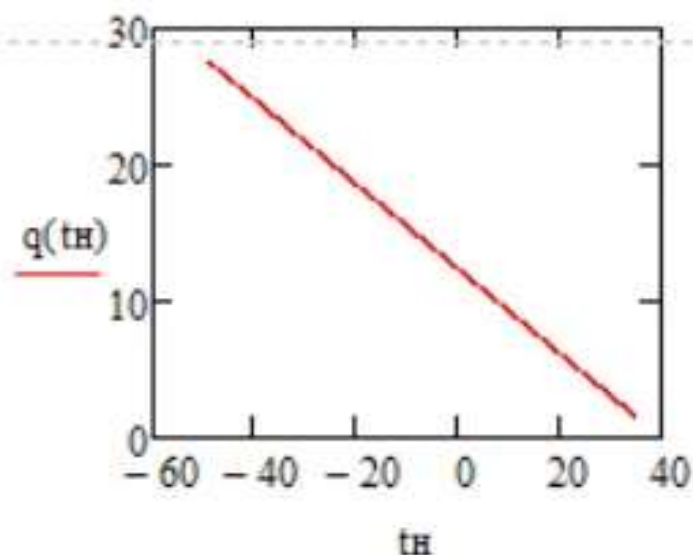


Рисунок 1 – Расчёт тепловых потерь от температуры окружающей среды.

Далее рассмотрим изменение тепловых потерь от внутреннего коэффициента теплопроводности стенкой a_B и рассчитываем, как этот параметр влияет на итоговое количество тепловых потерь. В общем случае коэффициент теплопроводности материала зависит от температуры, давления и состояния самого материала, его структуры.

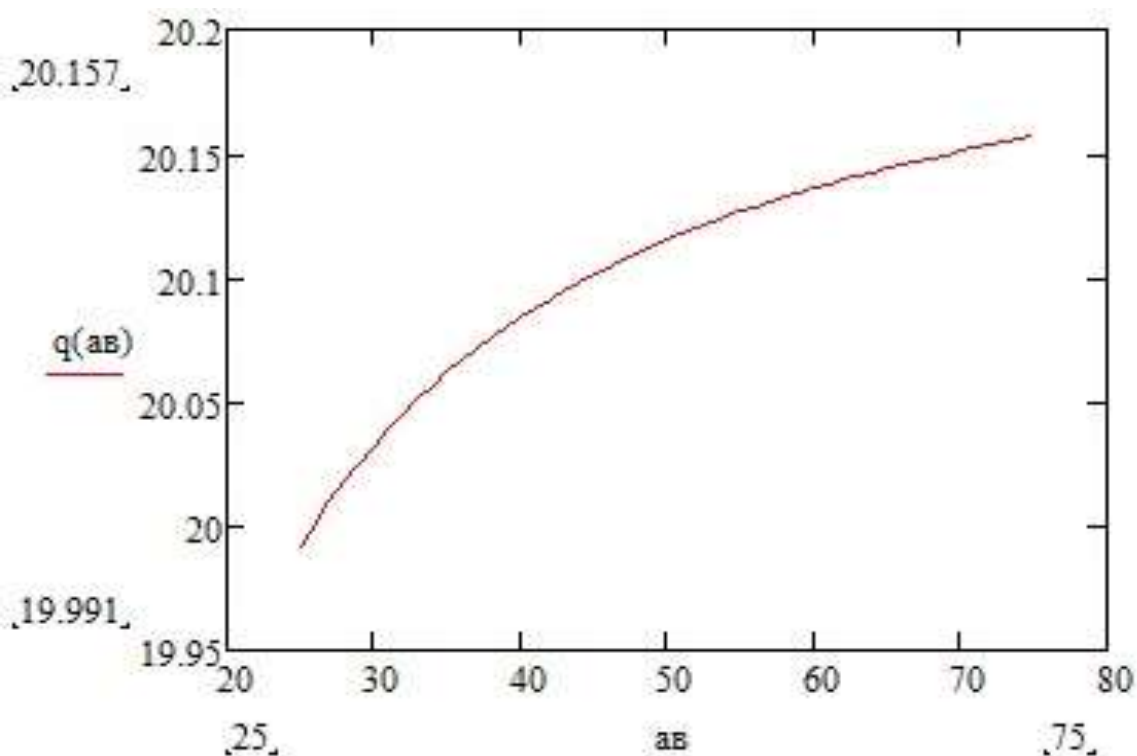


Рисунок 2 – Расчёт теплотерь от коэффициента теплопроводности стенкой.

На рисунке 3 рассмотрено влияние толщины теплоизоляции ($\delta_{из1} \in [0.05, 2]$, м) на тепловые потери:

$$q(\delta_{из1}) := \frac{t - t_H}{\left(\frac{1}{a_B} + \frac{\delta_{из1}}{\lambda_{из1}} + \frac{1}{\alpha_H} + \frac{\delta_{из2}}{\lambda_{из2}} + \frac{\delta_{из3}}{\lambda_{из3}} \right)}$$

Изменяем толщину изоляции, и смотрим, как меняется при этом количество теплотерь РВС.

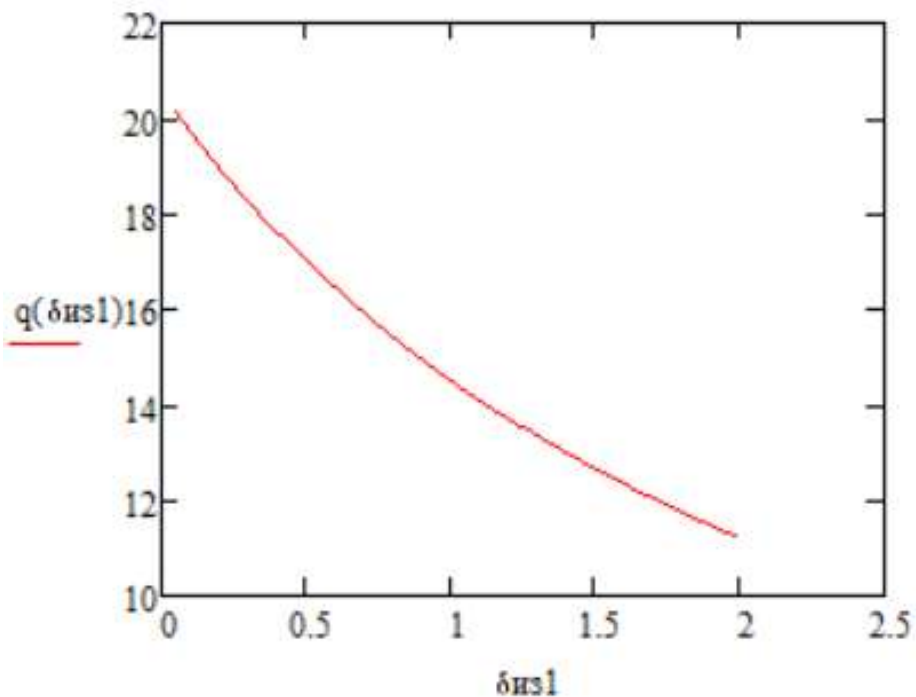


Рисунок 3 – Расчёт теплотерь от штукатурки цементно-песчаной.

Далее рассмотрим изменение количества тепловых потерь от коэффициента теплоотдачи от стенки в окружающий воздух ($\alpha_n \in [15, 75], \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$), и смотрим, как меняется при этом количество потерь (рисунок 4). Величина коэффициента тепловосприятия α_n зависит от вида поверхности (гладкая, с выступами или ребрами), а величина коэффициента теплоотдачи α_n зависит от положения ограждения по отношению к наружному воздуху.

$$q(\alpha_n) := \frac{t - t_n}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{из1}}{\lambda_{из1}} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{из2}}{\lambda_{из2}} + \frac{\delta_{из3}}{\lambda_{из3}} \right)}$$

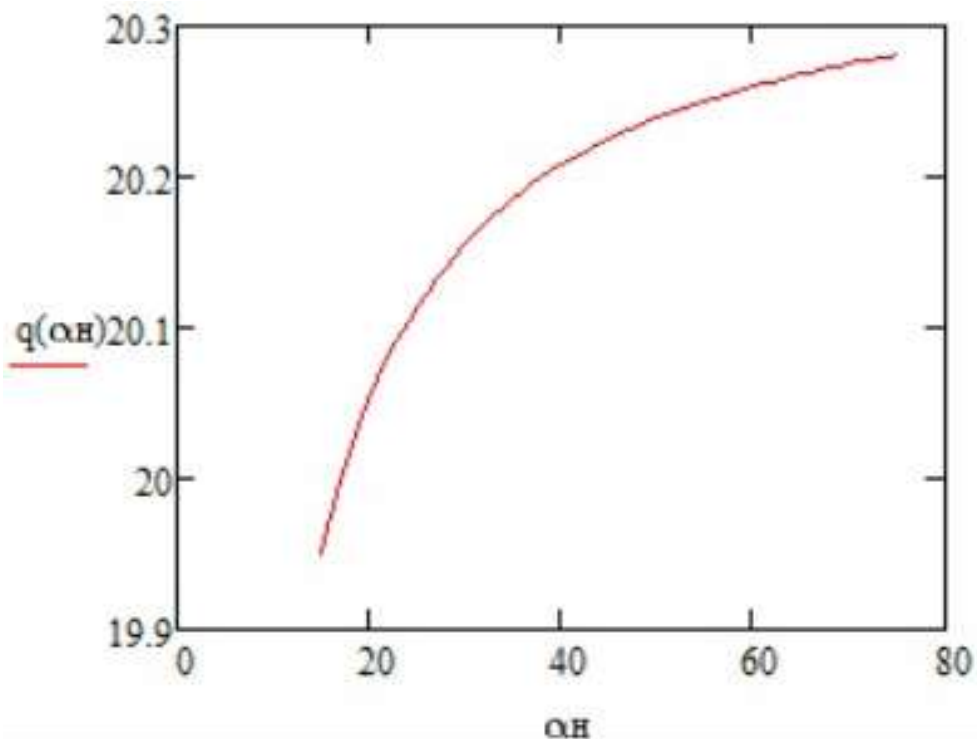


Рисунок 4 – Расчёт теплотерь от коэффициента теплоотдачи от стенки в окружающий воздух.

В заключение отметим, что расчёты показали существенное влияние таких параметров, как коэффициент тепловосприятости, толщина изоляции, температура окружающей среды на плотность теплового потока. Данная методика требует более глубокого изучения, с учётом конструктивных характеристик резервуара, с учётом обзора современных теплоизоляционных материалов и так далее.

Библиографические ссылки:

1. Таблица теплопроводности материалов [Электронный ресурс] - <https://klinkerprom.ru/videoteka/Таблица%20теплопроводности%20материалов.pdf> (16.03.2024).
2. Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций [Электронный ресурс] - <https://www.c-o-k.ru/library/document/12309/33389.pdf> (13.03.2024).
3. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА СНиП II-3-79* [Электронный ресурс] - https://psk-holding.ru/library/file_arhiv/snip_II-3-79_teplo tehnika-psk-holding-isolation.pdf (13.03.2024).



СЕКЦИЯ 7. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 668.74.027.26:525

Внедрение установок по выработке собственного топлива на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

Михеев Д. М.

ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» ТПП «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтегаз», г. Ухта, Россия

Для поддержания добычи, подготовки, транспортировки нефтяного сырья применяется большое количество автомобильной техники и оборудования, использующее в качестве топлива – бензин, либо дизельное топливо. Добывающие нефтяные компании не вырабатывают бензин, либо дизельное топливо для собственных нужд. При выработке собственного топлива с помощью специального оборудования по испарению нефти, добывающие компании смогут понизить себестоимость топлива, которое закупается по изменяющимся тарифам рынка потребителя. Поэтому при наличии специализированного оборудования – испарителей нефти, добывающие компании смогут производить собственное дизельное топливо на собственные нужды, снижая затраты на приобретение этого ресурса у компаний, осуществляющих сбыт топлива на заправочных станциях [1-3].

Цель работы: Обеспечить производство дизельного топлива с товарной нефти на собственные нужды региона Коми ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

Принцип работы установки заключается в осуществлении процесса перегонки нефтяного сырья. Для этого, нагретое сырье циркулирует через испаритель, отделенная парогазовая смесь нужной фракции охлаждается, конденсируется и собирается в баке готового продукта. Важной особенностью функционирования данной установки является замена процесса кипения сырья, на процесс поверхностного испарения при пониженных температурах нагрева [3-4].

Схема расположения составных частей установки для испарения нефтяного сырья представлена на рисунке 1.

Технологическая схема подготовки нефти с выработкой дизельного топлива и отпуск потребителю на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» представлена рисунке 2.

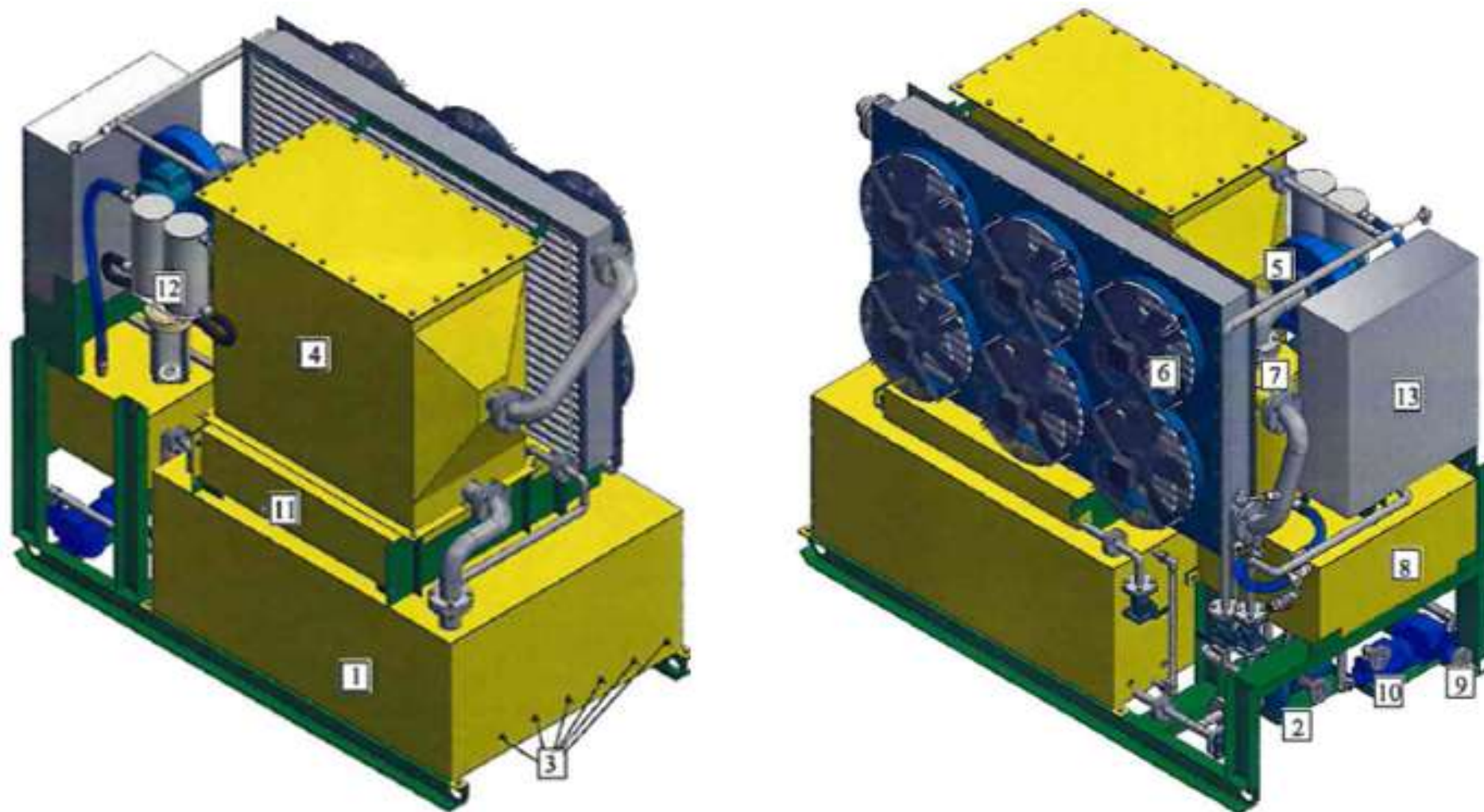
В соответствии с рисунком 2 товарная нефть по коллектору Ду100мм поступает на испаритель нефти, далее подготовленное топливо проходя через стационарный датчик октанового числа в диапазоне 48-51 поступает на прием фильтров для снижения содержания серы в дизельном топливе до стандарта Евро-4 и далее поступает в накопительную емкость, откуда производится отпуск топлива потребителю (автотранспорт) с контролем плотности топлива [3].

В таблице 1 представлена характеристика вырабатываемого дизельного топлива по выходу с установки ИИ-1.

Был проведен анализ потребления дизельного топлива в ТПП «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтегаз», представленный в таблице 2.

В результате проведенного экономического расчета по внедрению испарителей нефти на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» по региону Коми стоимость выработки собственного топлива по сравнению с закупом ресурса на автозаправочных станциях ниже в 1,8 раза. К примеру, если стоимость одной тонны дизельного топлива составляет 55 тысяч рублей, то стоимость собственного топлива будет в 1,8 раз ниже, т.е. 30,6 тыс. рублей. С учетом капитальных вложений по закупке оборудования, средний срок окупаемости внедрения технологии составит 3,5-4 года.

Таким образом, внедрение испарителей нефти для выработки собственного дизельного топлива в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», поможет компании сократить себестоимость выпускаемой продукции в 1,8 раз [4].



1 – емкость сырьевая; 2 – насос циркуляции сырья; 3 – теплоэлектронагреватели ТЭНП; 4 – циклон;
 5 – вентилятор циркуляции парогазовой смеси; 6 –калорифер; 7 – циклон; 8 – бак готового продукта; 9 – насос готового продукта;
 10 – насос откачки готового продукта; 11 – бак охлаждения сырья; 12 – гидрозатовор; 13 – шкаф КИПиА

Рисунок 1 – Схема расположения составных частей установки для испарения нефтяного сырья.

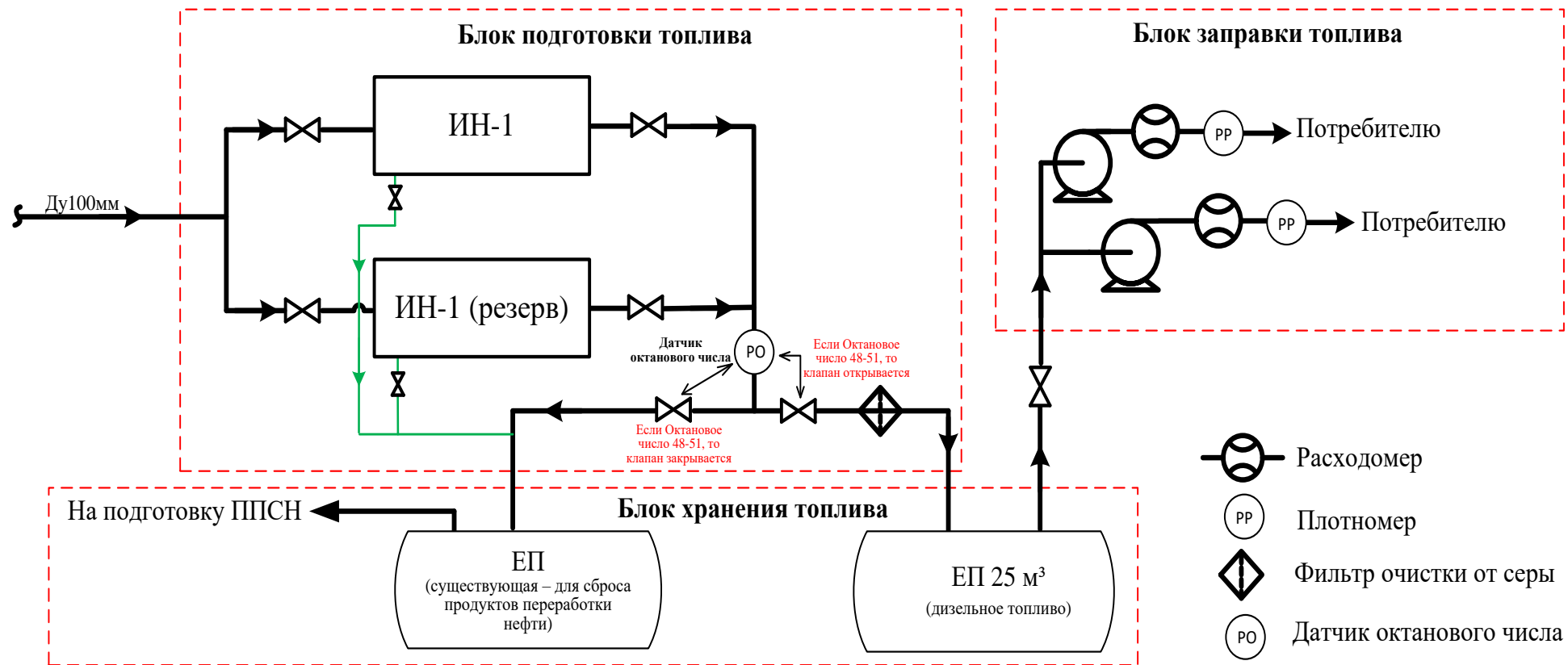


Рисунок 2 – Технологическая схема подготовки нефти с выработкой дизельного топлива и отпуск потребителю на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

Таблица 1 – Характеристика вырабатываемого дизельного топлива по выходу с установки ИН-1.

Параметры дизельного топлива	Ед. изм.	Параметр	Примечание
Плотность при 15 °С	кг/м ³	820-845	Стандарт Евро-3,4,5
Содержание серы, не более	%	0,005	Стандарт Евро-4
Цетановое число, не менее	-	51	Стандарт Евро-3,4,5
Температура застывания в зимний период	°С	- 42	-

Таблица 2 – Анализ потребления дизельного топлива в ТПП «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтегаз» в период с 2027 г. по 2038 г.

Наименование	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Номинальная годовая производительность установки по выработке дизельного топлива 322 тн/год (2 установки в работе - 644 тн/год)												
Потребность техники подрядной организации (КЦДНГ-1,3,5,ЦППН, ЦДВН), т	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303
Потребность техники подрядной организации (КЦДНГ-2,4), т	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303	303
Потребность ТПП на ДЭС, собственные нужды цехов, т	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
ИТОГО:	644	644	644	644	644	644	644	644	644	644	644	644

Библиографический список:

1. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа, и твердых горючих ископаемых: Учебное пособие / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.А. Кауфман; Под ред. С.А. Ахметова. – СПб.; Недра. 2009. – 832 с.
2. Химия нефти и газа: Уч. пос. для вузов/ под редакцией В.А. Проскуракова, А.Е. Дробкина. СПб.: Химия, 1997. – 448 с.
3. Технология переработки нефти. Ч.2 под редакцией В.М. Капустина, А.А. Гуреева. М.: Колос С, 2012. - 335 стр.
4. Каминский Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты / Э.Ф. Каминский, В.А. Хавкин. - М.: Техника, 2001. - 384с.

**Разработка комплекса технико-технологических мероприятий по
совершенствованию камеры пуска-приема средств очистки и диагностики
магистрального трубопровода**

Стрельский Д. А., Макаров А. И.

Научный руководитель – Борейко Д. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Существующие процессы приема очистных устройств трубопроводов в зимнее время года сопровождаются значимыми проблемами, такими как: застывание парафиновых отложений по всей полости нефтепровода и сложности слива нефти в подземную емкость для опорожнения камеры СОД, также возникает проблема запасовки очистного устройства в камеру. Таким образом при проведении работ по опорожнению камеры и приеме очистных устройств затрачивается огромное количество времени на слив нефти в емкость и возникновение аварийных ситуаций при пуске ОУ.

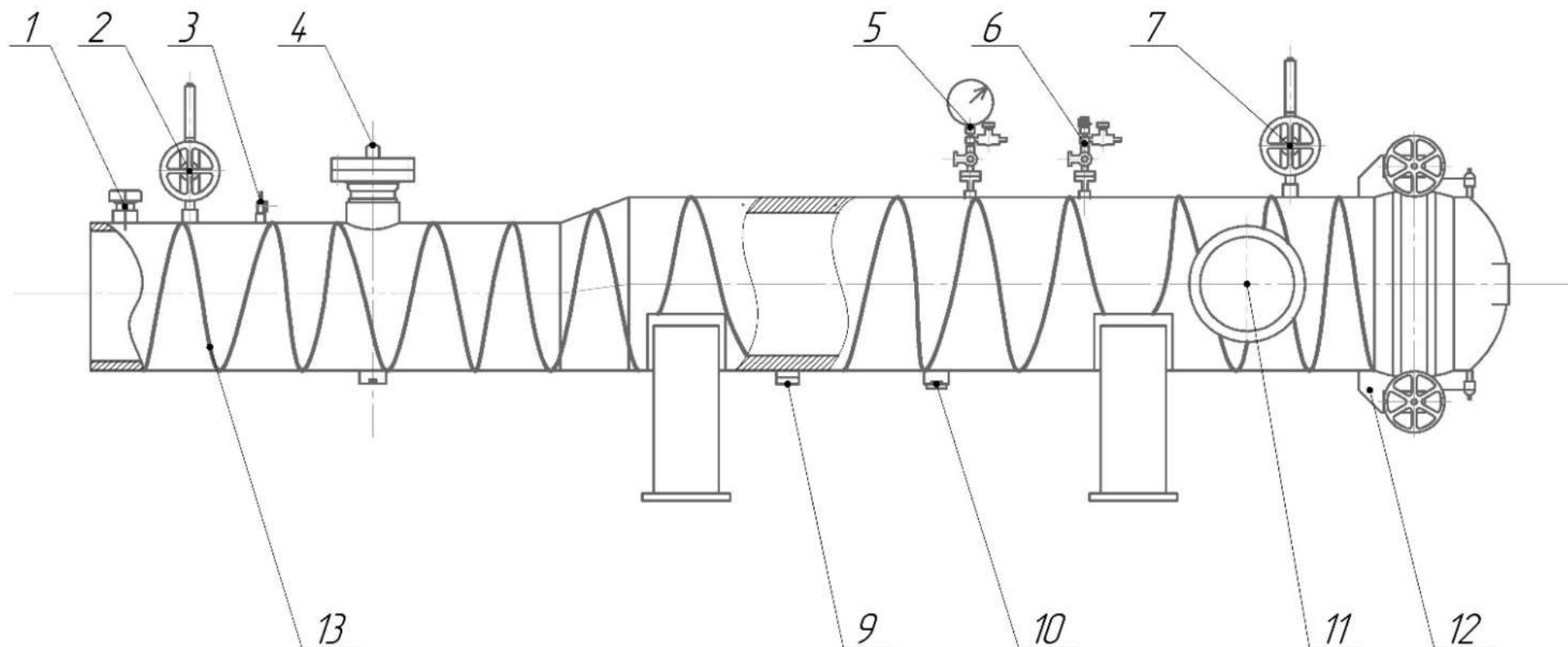
При длительной эксплуатации камеры пуска-приема СОД на стенках нефтепровода и фланцевых соединениях запасовочного устройства возникают трещины, изнашиваются ролики запасовочного устройства, а также негерметичность патрубка, куда вставляется ОУ. Все эти дефекты приводят к снижению эксплуатационных свойств и операций по запасовке снаряда. [1,2]

Прием ОУ с большим количеством парафиновых отложений в период отрицательных температур происходит их застывание, что приводит к резкому снижению слива нефти в емкость. В данной статье авторы предлагают решение по решению сразу нескольких проблем, возникающих при эксплуатации камеры пуска-приема средств очистки и диагностики.

Работы на магистральных нефтепроводах являются важнейшей чертой их эксплуатации, так как внутритрубная диагностика позволяет поддерживать нефтепровод в постоянно работающем состоянии и контроля параметров, по типу пропускная способность нефтепровода, его рабочий диаметр и энергозатратность. [4]

Во время отрицательных температур нефть расслаивается, а осадок накапливается на внутренних стенках трубы. Все эти проблемы затрудняют поток нефти из-за снижения рабочего диаметра трубы и возникает вопрос в увеличении мощности целой трубопроводной системы, что может привести к полному застыванию нефти. Существующие методы преобразования нефти в камере пуска-приема СОД из твердого состояния в жидкое в камере осуществляется при помощи передвижной паровой установки, далее ППУ, что занимает колоссальное количество времени, как на подготовку, так и на эксплуатационный процесс, а также влияет на материальную составляющую. Второй способ очистки парафиновых отложений – это рабочая группа линейных трубопроводчиков со вспомогательных инструментом, по типу лопаты, что также обуславливает затраты по времени и нагрузке рабочих. Решением, которое может привести к повышению эффективности эксплуатации камеры пуска-приема СОД – это система электрообогрева камеры в зимнее время, что позволит поддерживать парафиновые отложения в постоянном текучем состоянии, что может уменьшить временные затраты на слив нефти в емкость и снизить энергозатраты. Такие камеры пуска-приема СОД предназначены для запуска и приема внутритрубных средств очистки, диагностики, герметизации и разделительных устройств в потоке перекачиваемого продукта установки на узлах нефтеперекачивающих станциях линейной части, имеющих условный проход от 150 мм до 1200 мм и номинальным давлением до 15 МПа, с толщиной стенки до 30 мм. Для реализации решения авторы используют греющий кабель ТЕПЛОВЫЕ СИСТЕМЫ TSD-15F мощностью 15 Вт/м и длиной порядка 600 м, который сможет создать положительную температуру для обогрева. [2]

Для исключения теплопотерь следует использовать тепломаты в виде цилиндров по типу ТЕХНОНИКОЛЬ – цилиндр теплоизоляционный из минеральной ваты на основе базальтовых пород. Цилиндры могут выпускаться кашмированными армированной алюминиевой фольгой. Кашмированные цилиндры для утепления труб имеют самоклеющийся нахлест фольги, что существенно упрощает монтаж, для теплоизоляции нефтепроводов. Камера пуска-приема СОД с использованием греющего кабеля представлена схематично на рисунке 1.1.



- 1 – патрубок для установки сигнализатора рычажного; 2 – патрубки для присоединения трубопроводов газовой воздушной линии;
 3 – патрубок для подачи пара или инертного газа; 4 – патрубок для установки запасочного устройства;
 5 – патрубок для установки манометра; 6 – патрубок для датчика давления;
 7 – патрубки для присоединения трубопроводов газовой воздушной линии; 8 – патрубок для присоединения дренажных трубопроводов;
 9 – датчик контроля герметичности; 10 – патрубок для присоединения дренажных трубопроводов; 11 – патрубок подвода продукта;
 12 – затвор; 13 – кабель обогревающий

Рисунок 1.1 – Схема камеры пуска-приема СОД.

В статье также представлена 3D модель камеры пуска-приема СОД с греющим кабелем и расчет термического воздействия на парафиновые отложения. Модель располагает монтаж греющего кабеля в виде спирали по всему диаметру камеры, а расчетный метод показывает его совершенство и позволяет поддерживать асфальтосмолопарафиновые отложения в постоянно жидком состоянии. Для подключения греющего кабеля к электроэнергии используем линии электропередач общей сети нефтеперекачивающей станции. 3D-Модель камеры пуска-приема СОД с обогревающим кабелем представлена на рисунке 1.2. [3]

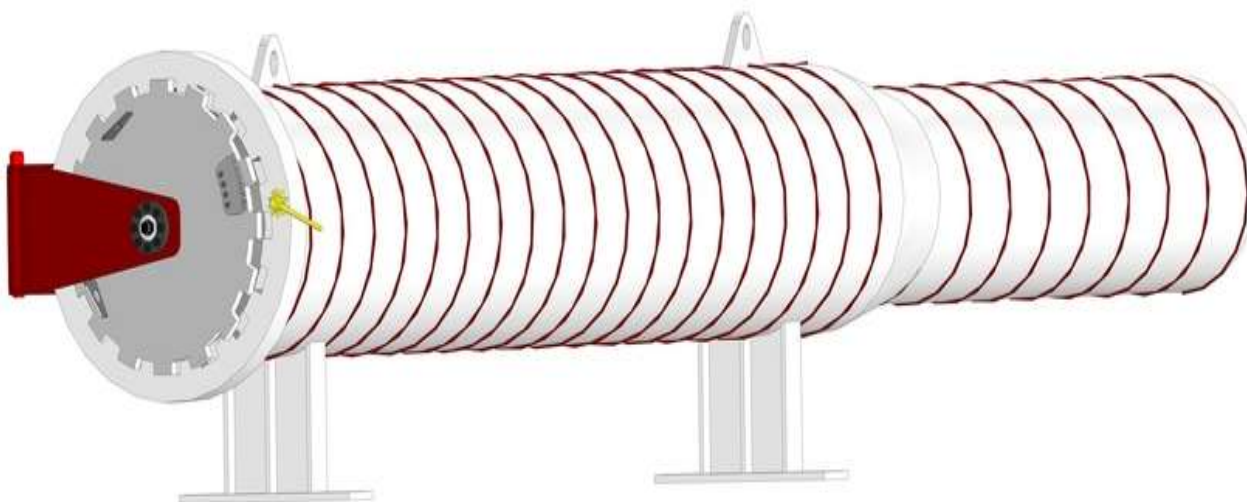


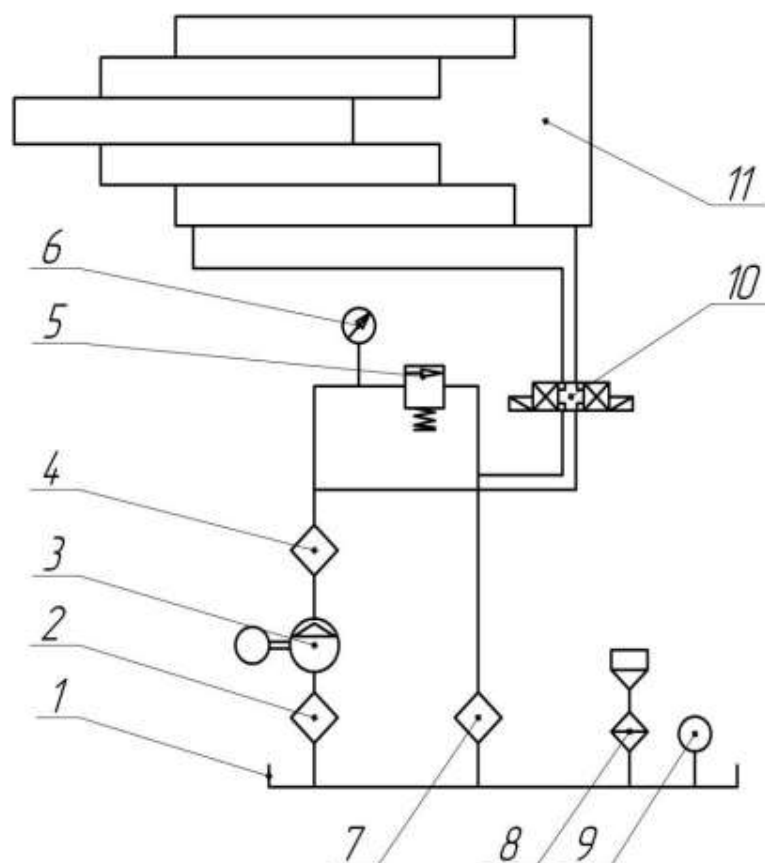
Рисунок 1.2 – 3D-Модель камеры пуска-приема СОД с обогревающим кабелем.

Для упрощения запасовки очистных устройств авторы предлагают отказаться от стандартного запасовочного устройства, что физически избавит от использования запасовочных патрубков, тросов, а также обеспечит отсутствие потерь нефти через патрубок. Реализация метода заключается в использовании применения гидроприводной системы, которая включает в себя гидрораспределитель, который приводит в рабочее положение гидроцилиндр производящий запасовку ОУ. Так гидроприводная система с телескопическим гидроцилиндром представлена на рисунке 1.3.

Данный тип гидроприводной системы состоит из основных частей: насоса объёмного типа, пятиступенчатого гидроцилиндра двухстороннего действия, трубопроводов, регулирующих и распределительных устройств, бака с рабочей жидкостью. Где насос воспринимает механическую энергию и приводит в действие, а гидроцилиндр преобразует энергию насоса в энергию рабочего органа. Телескопический гидроцилиндр представлен на рисунке 1.4.

Таким образом запасовка происходит следующим образом. Через всасывающий фильтр 2 из масло из маслобака 1 подается на шестерни насоса с электродвигателем 3 и через напорный фильтр 4 попадает в гидрораспределитель 10 с электрическим управлением от двух толкающих электромагнитов, далее попадает в поршневую 1-5, что приводит его в движение. Гидроцилиндр состоит из 5 ступеней и выдвигается на расстояние до 8 м. [4]

Такой метод запасовки очистного устройства в камеру пуска-приема средств очистки и диагностики позволяет упростить запасовку и отказаться от дополнительных вспомогательных элементов, которые используются в стандартном варианте, также данный способ сокращает физического участия рабочего персонала и снижает риск получения травмы на производстве при запасовке очистного устройства. Авторами была разработана 3D модель применения метода, она представляет из себя телескопический гидроцилиндр в сложенном состоянии на рисунке 1.5 и в разложенном состоянии на рисунке 1.6. Представлена 3D визуализация схемы запасовки очистного устройства на рисунках 1.7-1.9.

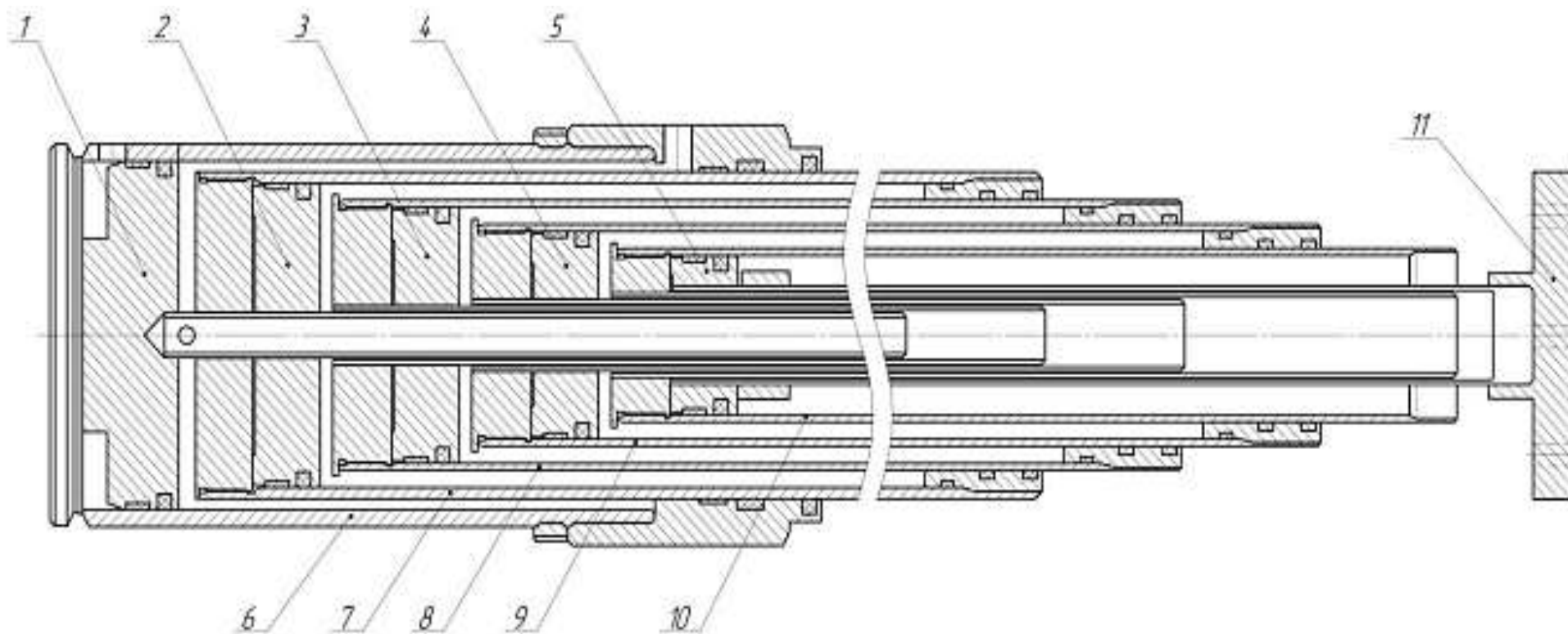


1 – маслобак; 2 – всасывающий фильтр; 3 – насос с электродвигателем; 4 – напорный фильтр; 5 – предохранительный клапан; 6 – манометр; 7 – фильтр сливной; 8 – горловина с фильтром; 9 – уровнемер; 10 – гидрораспределитель; 11 – телескопический гидроцилиндр

Рисунок 1.3 – Гидроприводная система с телескопическим гидроцилиндром.

Произведен экономический расчет и было выявлено, что капитальные вложения в реализацию данных методов, составляют 720,5 тыс.руб, из которых 400,5 тыс. руб, затраты на внедрение электрообогрева камеры пуска-приема СОД. В данную сумму входят цена кабеля при условии, что за 1 метр 662 руб., теплоизоляционный материал, за 6 м² составляет 3,3 тыс.руб. Эксплуатационные затраты без греющего кабеля составляют 15,0 тыс.руб. в день извлечения ОУ, в них входит работа машиниста ППУ, двух линейных трубопроводчиков и дизельное зимнее топливо. Чистая доходность за шесть месяцев составила 114 тыс.руб., и аналогично за год, так как нововведение будет использоваться только в зимнее время при отрицательных температурах. Общая экономия за период амортизации составила 1824,0 тыс.руб. Срок окупаемости составил 4 года при амортизации 20 лет. [5]

Применение гидроприводной системы с телескопическим гидроцилиндром обошлось в 320 тыс. руб. так средний ресурс троса и роликов составляет 5 запасываний снаряда. Ремонт с учетом времени монтажно-демонтажных работ осуществляется за 4 часа. Работы предполагается осуществлять силами четырех слесарей 5 – го разряда. Стоимость одного часа ремонта оборудования составляет 1,0 тыс. руб. При эксплуатации запасочного устройства, получается, что в год происходит 48 операций по запаске. Среднегодовое количество ремонтов составляет 9 раз. Стоимость комплектующих и материалов для ремонта составляет 50 тыс. руб. Благодаря использованию предложенной конструкции запаски межремонтный период увеличивается до 20 запасываний снаряда. Ремонт с учетом времени монтажно-демонтажных работ осуществляется за 2 часа. Работы предполагается осуществлять силами трех слесарей 5 – го разряда. Стоимость комплектующих для ремонта составляет 75 тыс. руб. Итак срок окупаемости составил 2 года при амортизации 20 лет Сравнение основных экономических показателей представлено в таблице 1 и 2. [5]



1 – поршень первой ступени; 2 – поршень второй ступени; 3 – поршень третьей ступени;
 4 – поршень четвертой ступени; 5 – поршень пятой ступени; 6 – поршень первой ступени;
 7 – поршень второй ступени; 8 – поршень третьей ступени; 9 – поршень четвертой ступени; 10 – поршень пятой ступени;
 11 – насадка круглая

Рисунок 1.4 – Телескопический гидроцилиндр двухстороннего действия.

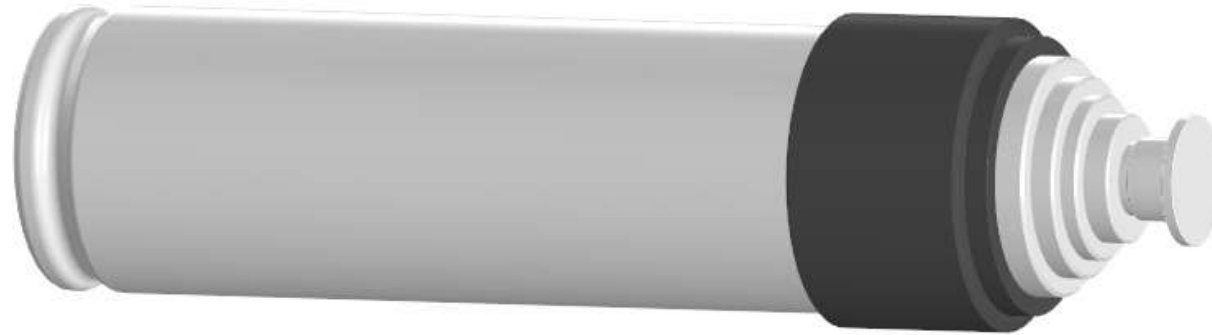


Рисунок 1.5 – Телескопический гидроцилиндр в сложенном состоянии.



Рисунок 1.6 – Телескопический гидроцилиндр в разложенном состоянии.

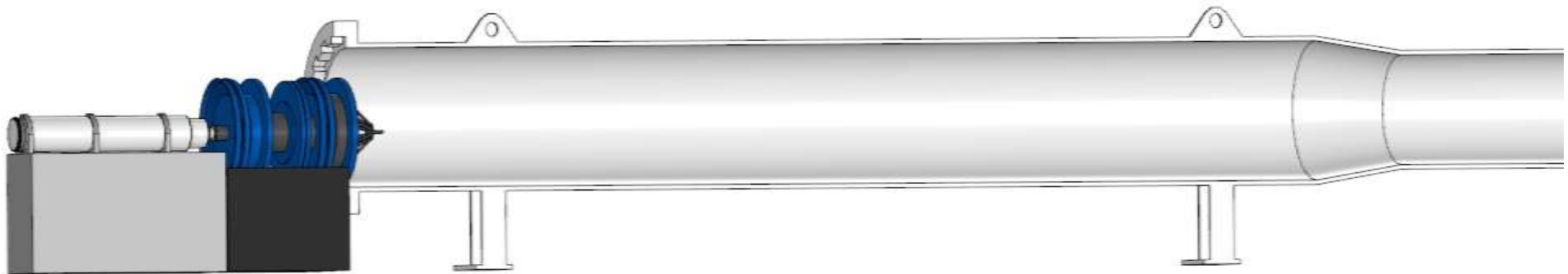


Рисунок 1.7 – 3D Визуализация схемы очистного устройства в камеру пуска СОД при помощи телескопического гидроцилиндра.

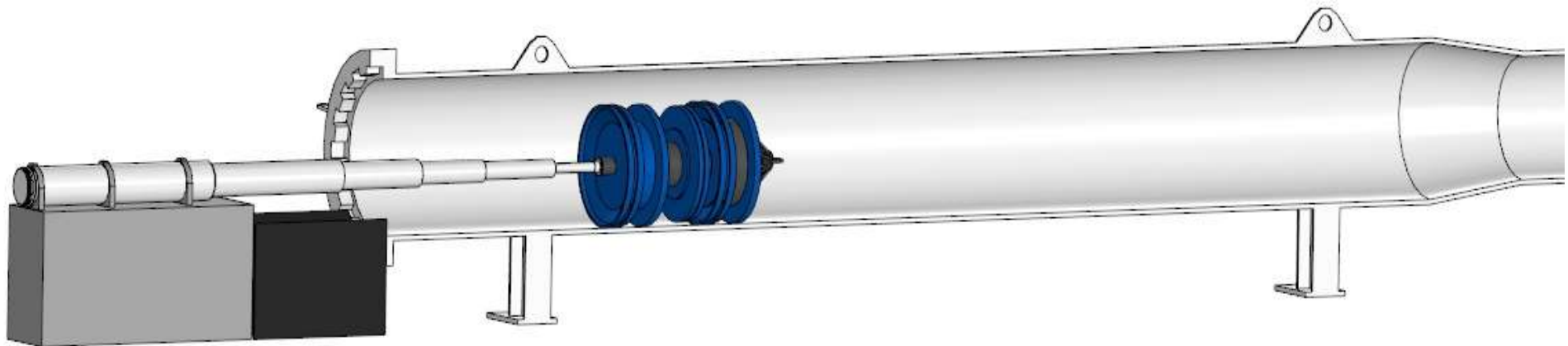


Рисунок 1.8 – 3D визуализация промежуточного положения очистного устройства в камере пуска СОД.



Рисунок 1.9 – 3D визуализация конечного положения запосовочного устройства в камере пуска.

Таблица 1 – Основные экономические показатели для внедрения электрообогрева.

Показатели	Без проекта	Без кабеля
Капиталовложения, тыс.руб	400,5	0
Эксплуатационные затраты в год, тыс.руб	66,0	180,0
Чистый доход в год, тыс.руб	114,0	0
Общая экономия за период амортизации, тыс.руб	1824,0	0
Срок окупаемости, лет	4,0	

Таблица 2 – Основные экономические показатели для внедрения гидроприводной системы с гидроцилиндром.

Наименование	Вариант	Вариант
	«без проекта»	«с проектом»
Капитальные вложения по, тыс.руб.	-	320,0
Средняя стоимость, необходимых комплектующих запасных частей при выполнении одного ремонта, тыс. руб.	5,8	10,4
Периодичность проведения ремонтов в год (количество), ед	9,0	2,0
Продолжительность одного технического обслуживания, час	5,0	7,0
Количество слесарей-ремонтников, необходимых для проведения одного ремонта (технического обслуживания), чел.	4	2
Тарифная часовая ставка заработной платы слесаря-ремонтника 5 разряда, руб.	255,12	
Чистый доход в год, тыс.руб	428,8	
Общая экономия за период амортизации, тыс.руб	7718,0	
Срок окупаемости, лет	2,0	

Суммарная общая экономия за период амортизации всего проекта составляет 9542,0 тыс. руб., суммарный чистый доход 542,8 тыс. руб. Следовательно проект является экономически эффективным и может быть принят для реализации на предприятиях. [5]

В работе на основании проведенного анализа действующих способов запасовки очистных устройств было представлено конструктивное решение, которое в свою очередь может сократить эксплуатационные затраты на запасовку, а также было представлен электрообогрев камер пуска-приема СОД в зимний период для разжижения парафиновых отложений и упрощенного слива.

Решение поставленных проблем позволяет снизить количество подготовительных работ, сократить время на запасовку и очистку камер от парафиновых отложений и уменьшить число привлекаемого персонала и задействованной специальной техники, возможность снижения аварийности и упростить задачу в целом.

В экономической части проведен расчет экономической и коммерческой эффективности от предлагаемых мероприятий. Общая экономия за период амортизации составила 9542,0 тыс.руб. Срок окупаемости комплексного метода электрообогрева камер пуска-приема СОД и для упрощенной запасовки ОУ составляет порядка 1,5 лет.

Разработаны эскизные схемы предлагаемых технических решений и представлены модели камеры пуска-приема СОД с обогревающим кабелем и запасовочным устройством.

Библиографический список

1. Гумеров, А.Г.; Гумеров, Р.С.; Акбердин, А.М. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций. - Недра, 2001. - 475 с.
2. Вайншток, С. А. Трубопроводный транспорт нефти и газа. / С.А. Вайншток, В.Ф. Новосёлов. – М.: Недра, 2004г. – 336с.
3. Совершенствование конструкции фильтра-грязеуловителя для очистки нефти в системах промыслового сбора со скважин и магистрального транспорта / И. Ю. Быков, Т. В. Бобылева, Д. А. Борейко, Д. Ю. Сериков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 3(363). – С. 47-52.
4. Крапивский, Е. И. Физико-технические методы и средства диагностики оборудования при транспорте нефти и газа : учебное пособие / Е. И. Крапивский, М. Ю. Земенкова, Д. А. Борейко. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – 229 с.
5. Андрухова, О. В. Оценка эффективности научно-технических мероприятий в исследованиях технологических машин и оборудования нефтегазового комплекса : методические указания / О. В. Андрухова. – Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2017. - 30 с.

УДК 62-713.81

Способы повышения теплопередачи термостабилизаторов грунта

Автамонов В. А.

Научный руководитель – Бобылёва Т. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

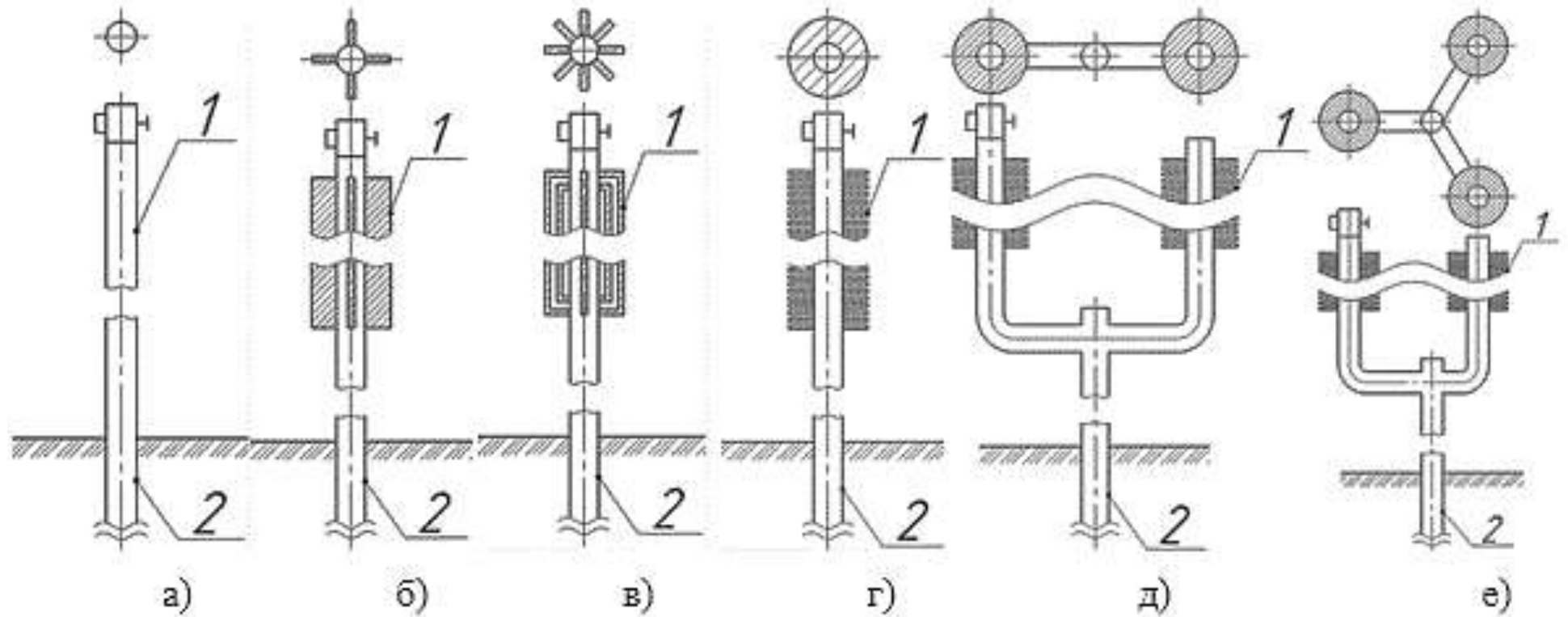
Для обеспечения необходимой несущей способности объектов инфраструктуры в условиях Крайнего Севера применяются устройства под названием термостабилизаторы грунта (ТСГ). Эти устройства работают за счет быстрого глубинного охлаждения и снижения температуры грунта и представляют собой парожидкостные гравитационные сезонные теплообменные системы. Они функционируют без использования внешних источников электроэнергии и являют собой герметичный сосуд, частично заполненный хладагентом, состоящий из стального трубчатого корпуса с оребренным теплообменником – конденсатором, расположенным на одном из концов.

Конденсатор является воздушным теплообменником, где происходит конденсация хладагента из паровой фазы в жидкую. На рисунке 1 представлены различные конструкции ТСГ с разными вариантами конденсаторов: а) без оребрения; б) с вертикальным полосовым оребрением; в) с многотрубным конденсатором; г) с горизонтальным полосовым оребрением; д) с двухсекционным конденсатором; е) с трехсекционным конденсатором.

На сегодняшний день в конструкции ТСГ используются испарители с гладкой внутренней поверхностью трубы. Однако площадь области контакта, где происходит основной теплообмен, значительно меньше, чем общая внутренняя площадь трубы испарителя. Для улучшения эффективности требуется увеличить эту область контакта, обеспечив непрерывное распределение хладагента по всему периметру внутренней поверхности (рисунок 2).

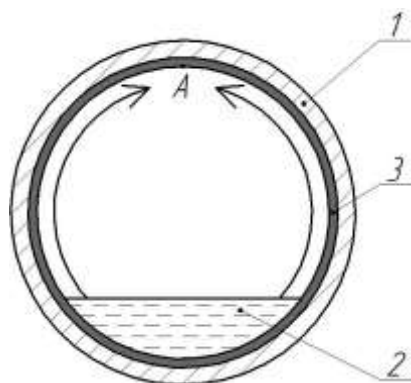
Для достижения этой цели необходимо изменить внутреннюю поверхность трубы и создать условия для капиллярного поднятия жидкости. Это может быть достигнуто следующими способами:

1. Установка металлической сетки на внутренней стенке трубы.
2. Использование капиллярной насечки или накатки.
3. Создание капиллярно-пористого покрытия путем спекания металлических порошков.



а – без оребрения; б – с вертикальным полосовым оребрением; в – с многотрубным конденсатором;
 г – с горизонтальным пластинчатым оребрением; д – с двухсекционным конденсатором; е – с трехсекционным конденсатором
 1 – конденсаторная часть; 2 – испарительная часть

Рисунок 1 – Конструкции термостабилизаторов грунта.



1 – труба испарителя; 2 – хладагент; 3 – внутреннее покрытие

Рисунок 2 – Смачиваемая зона испарителя ТСГ.

Метод крепления металлической сетки к внутренней стенке представляет собой наименее затратный способ увеличения площади охлаждения. Использование мелкоячеистой сетки дает приемлемые результаты для капиллярного поднятия хладагента. Однако основным недостатком этого способа является сложность достижения плотного и однородного контакта между стенками трубы испарителя и сеткой. Кроме того, часто на строительной площадке необходимо изгибать трубу для обхода препятствий, таких как сваи или стойки, что еще более усугубляет проблему отслоения сетки.

Капиллярная насечка или накатка позволяют поднимать хладагент до верхней точки трубы испарителя термостабилизатора. Однако для получения качественного покрытия требуется выполнить целый комплекс токарных работ. Согласно имеющимся данным, максимальная длина участка трубы, на котором возможна насечка или накатка на внутреннюю поверхность стенки, составляет 500 мм. Это требует резки заводских труб и, следовательно, приводит к большому количеству сварных соединений при укрупнении. Высокие трудозатраты являются еще одним недостатком этой технологии. Из-за сложности изготовления и большого числа сварных соединений использование этой методики затруднено.

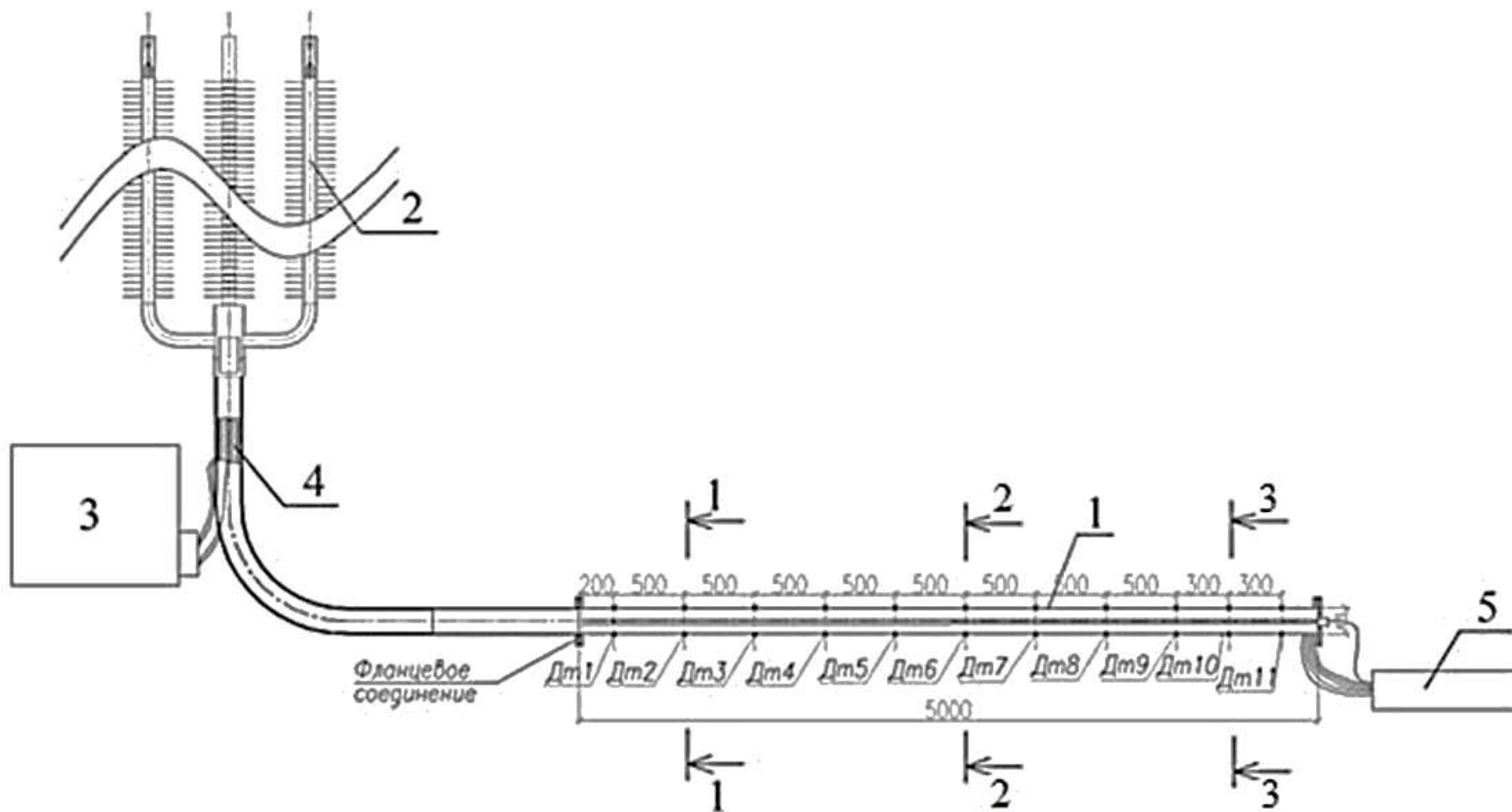
В процессе спекания металлических порошков на внутреннюю поверхность трубы в специальных формовочных станках наносится смесь металлического порошка и сорбента, после чего труба направляется в конвейерную печь для проведения процесса спекания. Этот метод обладает следующими преимуществами:

- технология формования покрытия позволяет подготавливать участки труб длиной 2-3 м, что существенно сокращает количество сварных соединений при сборке термостабилизатора.
- использование легированных порошков способствует созданию антикоррозионного покрытия на внутренней поверхности испарителя, что увеличивает его срок службы и повышает безопасность использования.
- обеспечивается плотный контакт между частицами покрытия и стенкой трубы.
- покрытия обладают высокой пористостью и проницаемостью.

После проведения анализа различных методов развития внутренней поверхности испарителя был сделан вывод о преимуществах использования капиллярно-пористого покрытия из металлического порошка, которое было нанесено и сформировано с учетом теплофизических свойств хладагента.

Для подтверждения данного тезиса были проведены стендовые испытания (рисунок 3).

В качестве конденсатора использовался 4-секционный теплообменник, а в качестве испарителя была использована труба диаметром 76 мм и длиной 5 м: а) с гладкой стенкой; б) с капиллярно-пористым покрытием. Тепловая нагрузка подавалась с помощью электронагревательных проводов, намотанных на испаритель. На транспортном участке был установлен охлаждающий контур в виде спирали из медной проволоки, а на транспортном и испарительном участках использовался слой теплоизоляции. Для измерения температуры были использованы термокосы – последовательно соединенные температурные датчики. Регистрация температур осуществлялась с помощью 5 термокос, расположенных с внешней стороны. В качестве хладагента использовался фреон 22.

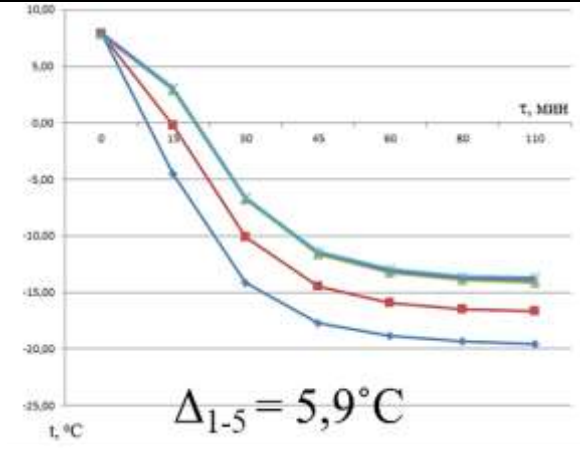
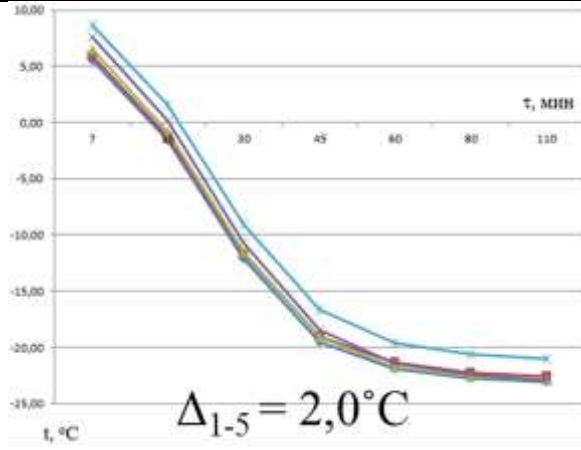
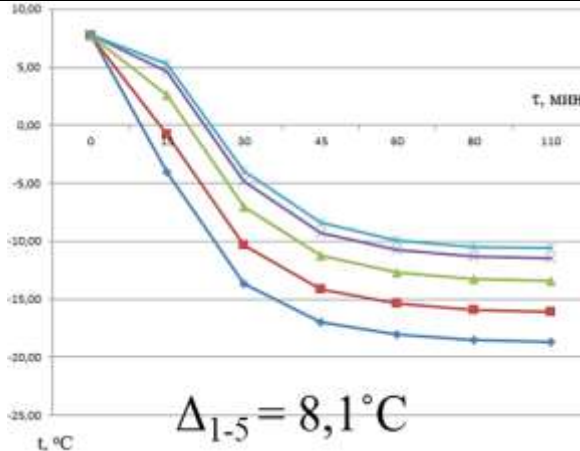
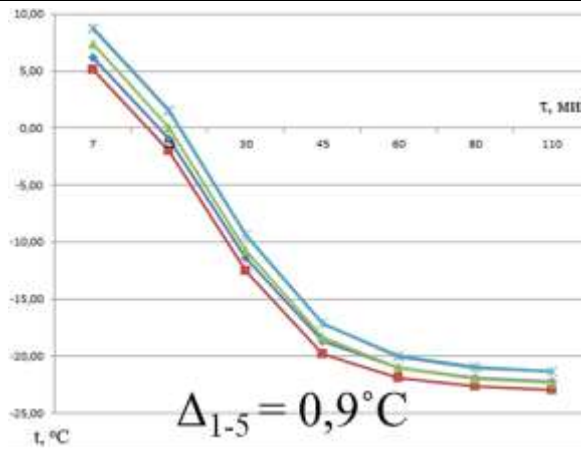
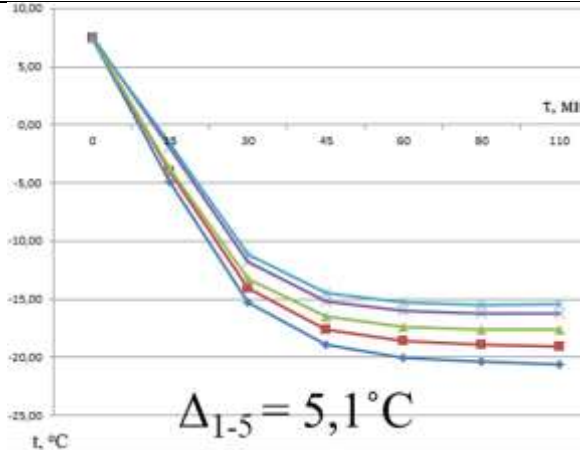
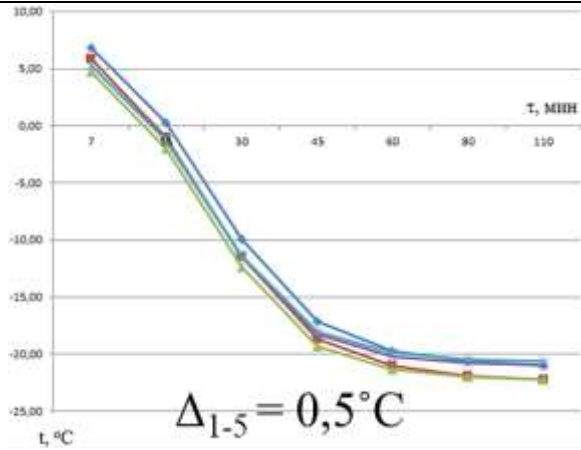


1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 – холодильный агрегат с теплообменником; 4 – испарительный контур; 5 – логгер

Рисунок 3 – Испытательный стенд.

После включения холодильного агрегата производилось нагружение испарителя электронагревательными проводами с максимальной тепловой мощностью. Температура испарителя постепенно повышалась, в то время как температура охлаждающего контура, наоборот, снижалась. Начался процесс теплообмена, который стабилизировался через некоторое время (примерно 120 минут). Опыт считался завершенным, когда давление парогазовой смеси фреона внутри термостабилизатора и температуры на внешней поверхности испарителя достигли стабильных значений. На основе полученных данных были построены графики зависимости температуры на внешней стенке трубы по сечениям от времени измерения (таблицу 1).

Таблица 1 – Графики зависимости температуры от времени

№ сечения	Гладкая труба	Капиллярно-пористое покрытие
1-1	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 5,9^{\circ}\text{C}$</p>	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 2,0^{\circ}\text{C}$</p>
2-2	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 8,1^{\circ}\text{C}$</p>	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 0,9^{\circ}\text{C}$</p>
3-3	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 5,1^{\circ}\text{C}$</p>	 <p style="text-align: center;">$\Delta_{1-5} = 0,5^{\circ}\text{C}$</p>

Как видно из графиков: в трубах испарителя с капиллярно-пористым покрытием внутри трубы фреон достаточно равномерно распределяется по контуру, обеспечивая относительно однородную теплопередачу в грунт.

На основании проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

1) В традиционных гладких трубах испарителей парожидкостных термостабилизаторов грунта (горизонтальных и слабонаклонных) хладагент движется в виде ручья в нижней части трубы, что создает неоднородную зону теплоотдачи от грунта в испаритель с перепадом отрицательных температур на поверхности гладкой трубы.

2) В трубах испарителя с капиллярно-пористым внутренним покрытием хладагент достаточно равномерно распределяется по контуру, обеспечивая относительно однородную среду теплопередачи в грунт с уменьшением перепада отрицательных температур на поверхности трубы, контактирующего с промораживаемым грунтом до 1–2 °С, (в 8 раз меньше, чем в гладкой трубе).

Библиографический список:

1. Ибрагимов, Э. В. Оптимизация устройства оснований и фундаментов в криолитозоне с использованием термостабилизации грунтов : специальность 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ибрагимов Энвер Валерьевич. – Москва, 2020. – 150 с.
2. ГОСТ Р 70001-2022. Термостабилизаторы грунтов сезоннодействующие индивидуальные : дата введения 2022-27-01. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 24 с.
3. Быков, И.Ю. Термозащита конструкций скважин в мерзлых породах [Текст]: учеб. пособие/ И.Ю. Быков, Т.В. Бобылёва. – Ухта: УГТУ, 2007. – 131 с.: ил

УДК 622.24

Исследование сил, действующих на калибрующе-эжекционный буровой агрегат в процессе эксплуатации

Хламов В. А.

Научный руководитель – Борейко Д. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Зубки присутствуют в герметизированной системе лопасти калибратора-стенка скважины, которая позволяет конструкции функционировать, вымывая шлам с забоя. Поддержание работоспособного состояния зубчатого вооружения необходимо не только для процесса бурения (как элемента калибровки и центровки), но и для эффективного применения конструкции калибрующе-эжекционного бурового агрегата, поскольку калибрующие зубки входят в герметичную систему «лопасти калибратора-стенка скважины».

Целью работы является исследование сил, действующих на калибрующе-эжекционный буровой агрегат в процессе бурения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать значимость поддержания работоспособности вооружения;
- определить действующие силы на зубчатое вооружение;
- провести прочностные расчеты зубчатого вооружения в программе КОМПАС-3D.

Был проведен анализ статистического материала, в результате которого были выделены основные причины отказов бурового агрегата:

- 1) достижение допустимой наработки на долото
- 2) износ вооружения шарошек;
- 3) размыв элементов долота;
- 4) нарушение герметичности опоры;
- 5) другие причины.

Поддержание работоспособного состояния зубчатого вооружения необходимо не только для процесса бурения (как элемента калибровки и центровки), но и для эффективного применения конструкции калибрующе-эжекционного бурового агрегата, поскольку калибрующие зубки входят в герметичную систему «лопасти калибратора-стенка скважины» (рисунок 1.1). [1]

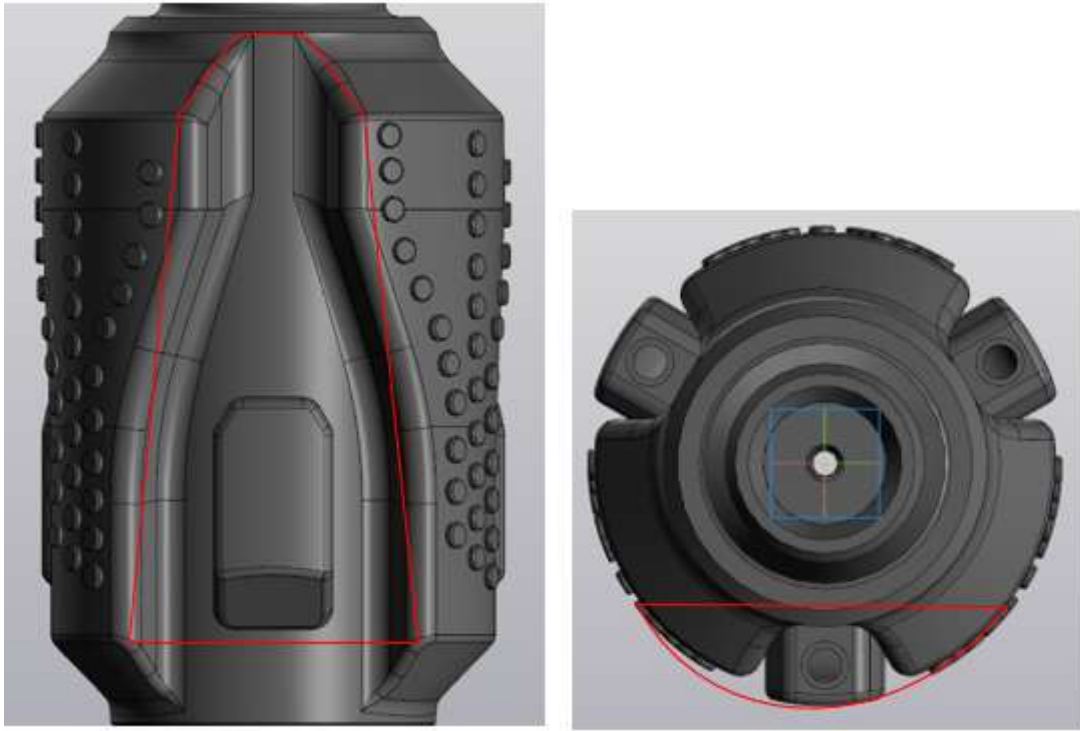


Рисунок 1.1 – Рабочая зона эжекционной части.

Для проведения расчетов на прочность в Компасе-3Д необходимо обозначить расчетные формулы действующих сил. В формуле 1.1 представлен действие сил на зубок при ударе об забой

$$R_r = \frac{N}{2} \left[1 + \frac{\pi^2 R_{III} n_{III}^2 \cos \gamma}{1800g} \right], \quad (1.1)$$

- где N – реакция забоя, Н;
 R_{III} – радиус венца шарошки, м;
 n_{III} – число оборотов вращения шарошки в мин.
 γ – угол наклона оси шарошки к горизонту, град.

Если преобразовать формулу для зубчатого вооружения калибратора, то получится формула 1.2

$$R = F_T \cdot N, \quad (1.2)$$

где F_T – силы трения, Н.

На основании расчетных формул была приложена нагрузка на зубчатое вооружение калибратора-эжектора, представленная на рисунках 1.2-1.6. [2]

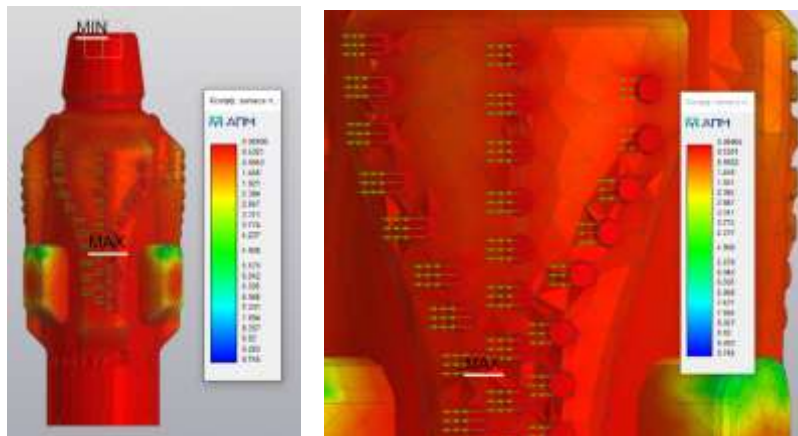


Рисунок 1.2 – Коэффициент запаса прочности при нагрузке 10 Мпа.

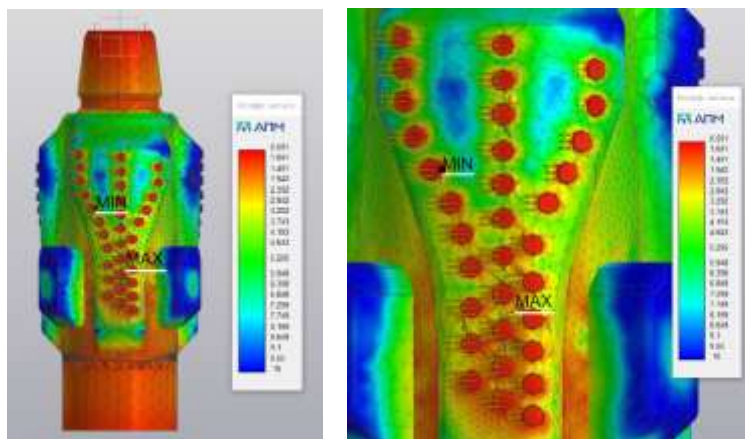


Рисунок 1.3 – Коэффициент запаса прочности при нагрузке 1 МПа.

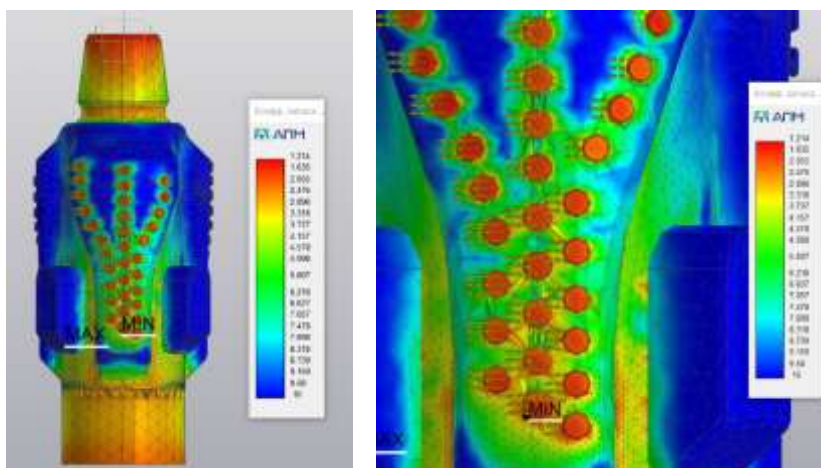


Рисунок 1.4 – Коэффициент запаса прочности при нагрузке 0,5 МПа.

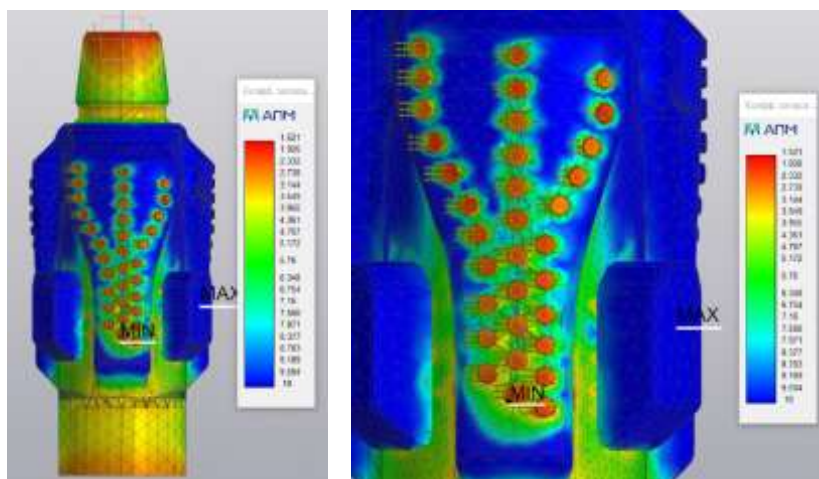


Рисунок 1.5 – Коэффициент запаса прочности при нагрузке 0,4 МПа.

На основании исследования был составлен график зависимостей коэффициента запаса прочности от напряжения на зубках калибратора. По имеющимся данным можно определить условия эксплуатации калибрующе-эжекционного бурового агрегата.

По окончании проведения прочностного расчета конструкции можно сказать, что зубки выдерживают нагрузку вплоть до 0,3 МПа.

По итогам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- описана используемая конструкция калибрующе-эжекционного бурового агрегата и целесообразность поддержания работоспособного состояния зубчатого вооружения;
- приведена статистика отказов шарошечных долот и описаны условия работы конструкции;

- были определены и сформулированы действующие силы на зубчатое вооружение;
- на основании описанных формул действующих сил были проведены прочностные расчеты зубков в программе КОМПАС-3D.

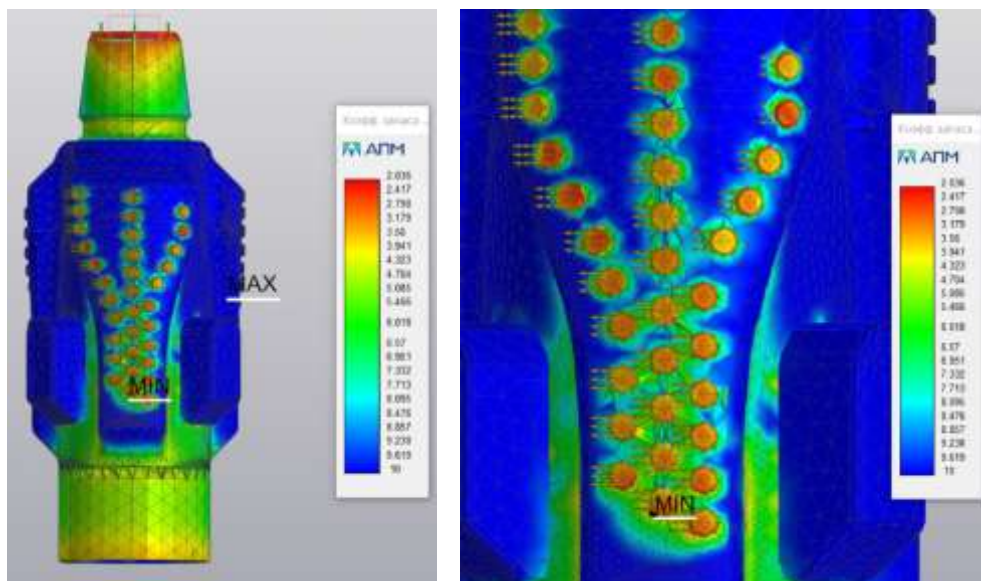


Рисунок 1.6 – Коэффициент запаса прочности при нагрузке 0,3 Мпа.

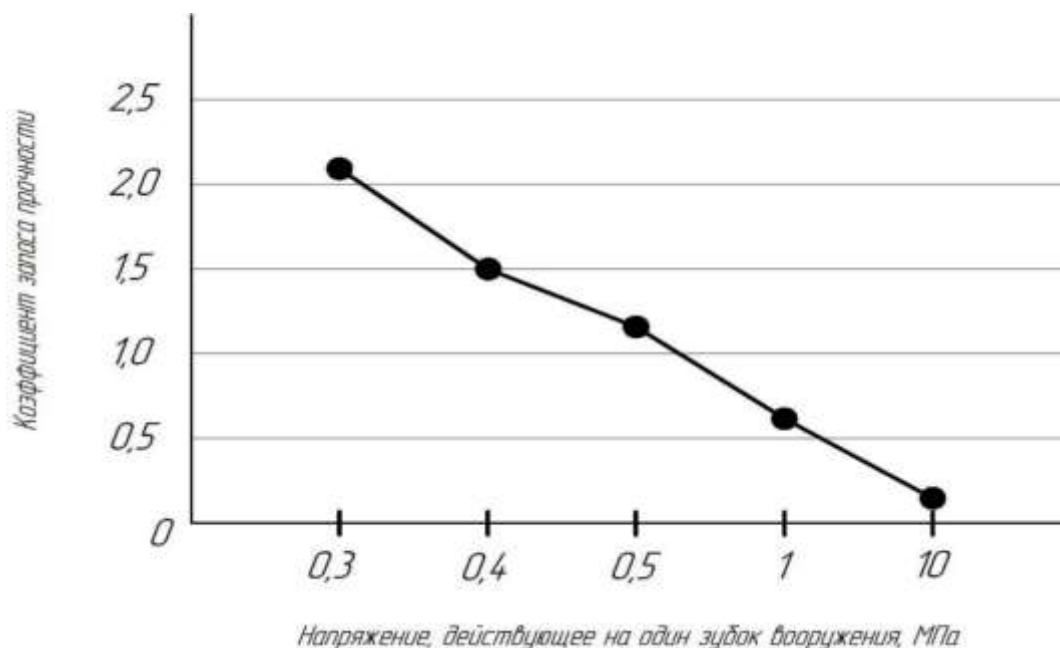


Рисунок 1.7 – График зависимости коэффициента запаса прочности от напряжения на зубке вооружения

Проделанная работа позволила выявить допустимые нагрузки на зубчатое вооружение конструкции и определить допустимые условия эксплуатации калибрующе-эжекционного агрегата.

Библиографический список:

1. Исследование влияния геометрии поперечного сечения гидромониторных насадок на их работоспособность / Д. Ю. Сериков, А. В. Мурадов, Д. А. Борейко, Л. О. Лауденшлегер // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2023. – № 1(310). – С. 153-161.
2. Борейко, Д. А. Исследование гидродинамических параметров работы калибратора-эжектора в составе бурового агрегата с использованием компьютерного моделирования / Д. А. Борейко // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2023. – № 5(137). – С. 5-10.

Исследование распространения вибрации по узлам УЭЦН

Канев Д. Е.

Научный руководитель – Бобылёва Т. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Вибродиагностика играет важную роль в определении надежности оборудования. Данные, которые получают при диагностике, помогают выявить уровень работоспособности объекта исследования, а так же содержат информацию, которая позволяет спрогнозировать работоспособность оборудования в течение дальнейшей эксплуатации. Состояния объектов делятся на два подмножества: те, которые включают в себя все состояния, где оборудование сохраняет нормальную работоспособность и состояния, при которых появляются отказы в работе.

Целью работы является определение источника повышенной вибрации в ЭЦН для дальнейшего поиска решений для уменьшения воздействия вибрации.

Стенд, на котором проводились испытания представляет расположенный в лаборатории комплекс оборудования с циркулирующей гидравлической системой. Испытания проводятся на пресной воде. Стенд представлен на рисунке 1 и представляет из себя следующее оборудование: бак 1, мерные ёмкости 3 со сливными патрубками и задвижками 2. Напорный трубопровод 4 соединяется гибким шлангом 11 и дросселем 5 с испытуемым насосом 6 и электродвигателем 10. Всасывающий трубопровод 13 с задвижкой 12 посредством гибкого шланга соединён с патрубком приёмной части насоса, представляющей собой цилиндрический кожух 7, обеспечивающий подвод жидкости к входному модулю испытуемого насоса аналогично условиям скважины. Кожух 7 с помощью двух полуосей подвижно установлен в проушинах 8 вертикальной рамы-стойки 9.

Насосный агрегат представлен на рисунке 2. Он состоит из рамы-стойки 1, вращающейся площадки 2, на которой крепится насосный агрегат, состоящий из электродвигателя 3, переходника 4, соединяющего двигатель и приёмный узел насоса 5, и насоса 6. Электродвигатель насосного агрегата имеет вал, выходящий с обеих сторон корпуса.

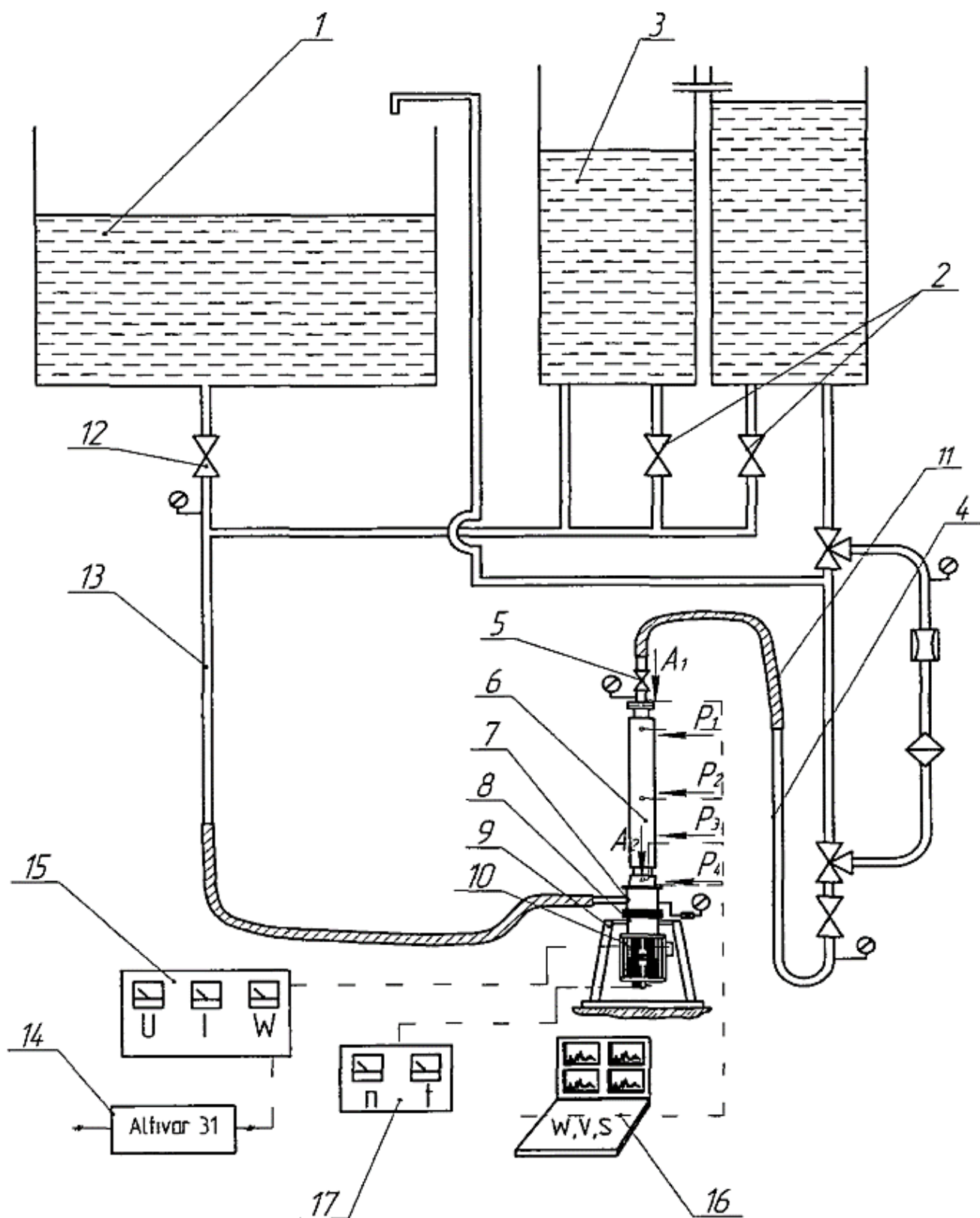
В первичной серии опытов измерялась вибрация на частотах 42, 48, 50, 52, 53, 55, 58 Гц. В опытах использовалась пятнадцатиступенчатая модуль-секция, соединенная с электродвигателем через вал входного модуля.

Исследования показали, что радиальная вибрация достигает максимального значения 3,3 в точке Р2 и минимального значения 2,2 в точке Р3 при минимальном износе рабочих колес. Наибольшая вибрация наблюдается в верхней части корпуса секции, поэтому исследование вибрации по верхней точке дает наиболее точную оценку. Испытания без рабочих колес показали, что вибрация по всей длине корпуса увеличилась на 25,4%, сохраняя характер распределения. Из этого следует, что использование насоса со ступенями без рабочих колес неэффективно из-за повышенной вибрации.

Результаты измерений представлены на рисунке 3.

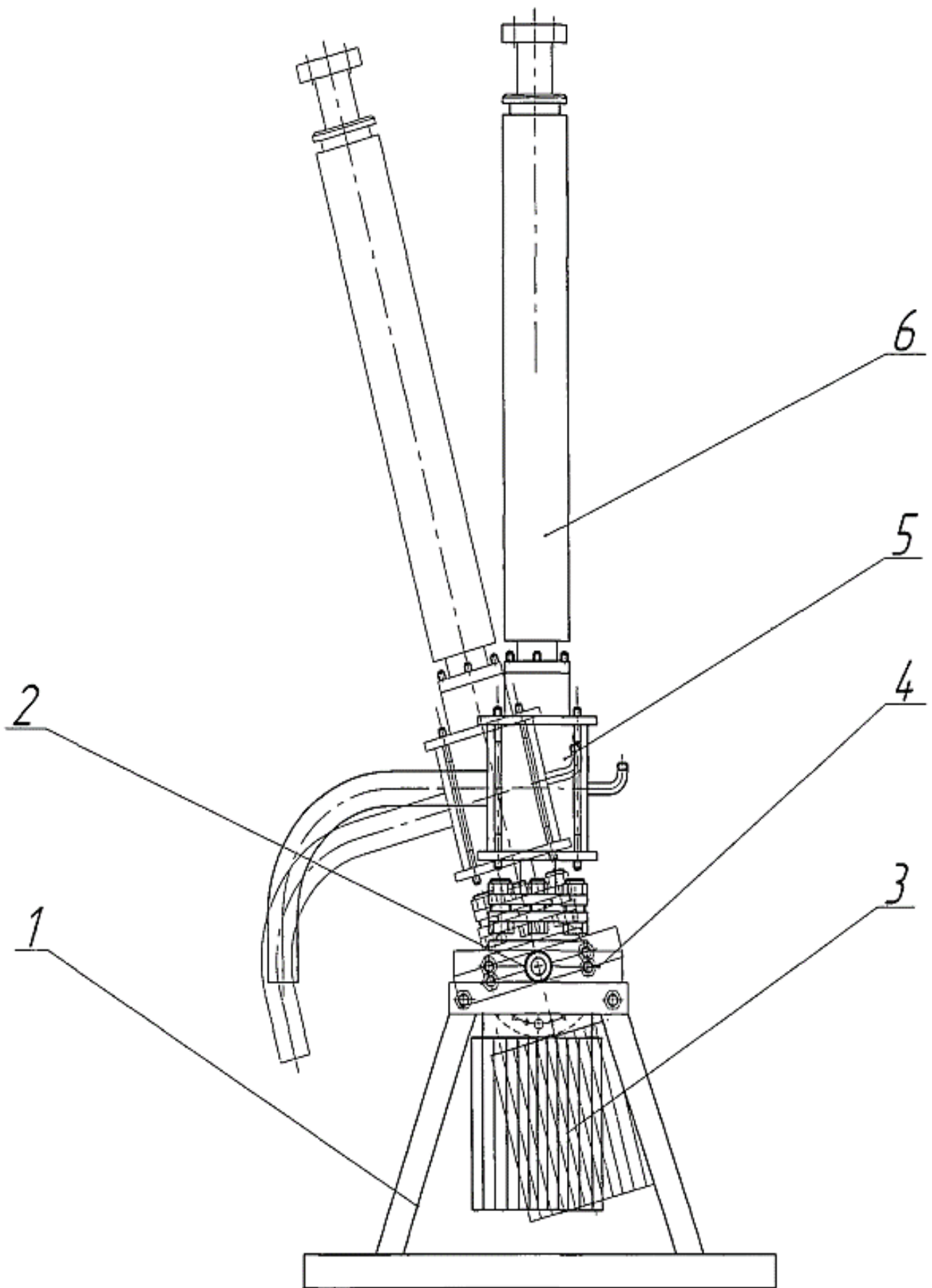
Для проведения экспериментов по изучению возможностей резиновых виброгасителей ступеней потребовалось внести изменения в конструкцию центробежно-вихревых ступеней ОАО «Новомет». Эти изменения заключались в увеличении размеров кольцевой проточки до 2,9 мм по ширине и до 2,4 мм по глубине. Для проведения экспериментов были подготовлены два модуля-секции ЭЦНМ с 10 и 15 ступенями, имеющими одинаковую длину корпуса.

Испытания проводились с минимальным и максимальным зазором в радиальных подшипниках ступеней. В третьей серии экспериментов на все направляющие аппараты устанавливались резиновые кольца типоразмера 060-89 065-30-2-РС26ч ГОСТ 18829-73. Ступени также испытывались с минимальным и максимальным зазором по той же методике. В экспериментах было протестировано 15 насосов ступени, произведенных ОАО «Новомет». В каждом испытуемом насосе использовались стандартные верхние и нижние радиальные подшипники и гидропятя. В первой серии экспериментов в корпус устанавливались сначала 15 ступеней с минимальным радиальным зазором в подшипниках (0,126 мм), затем те же ступени с максимально допустимым зазором (0,866 мм). Во второй серии экспериментов в корпус устанавливались 10 ступеней и 5 направляющих аппаратов без рабочих колес.



- 1 – бак; 2 – краны слива; 3 – мерные емкости; 4 – напорный трубопровод;
 5 – дроссель регулируемый; 6 – модуль-секция насоса; 7 – кожух подвода жидкости;
 8 – проушины; 9 – стойка; 10 – электродвигатель; 11 – гибкий шланг напорной линии;
 12 – кран слива бака; 13 – подводящий трубопровод с гибким шлангом;
 14 – частотный преобразователь; 15 – измерительный комплект К505;
 16 – анализатор вибрации Атлант 8; 17 – цифровой тахометр ЦАТ 3М.

Рисунок 1 – Испытательный стенд.



1 - рама-стойка; 2 - поворотная площадка; 3 - электродвигатель; 4 - переходник;
5 - приемный узел; 6 - насос

Рисунок 2 – Испытательный стенд.

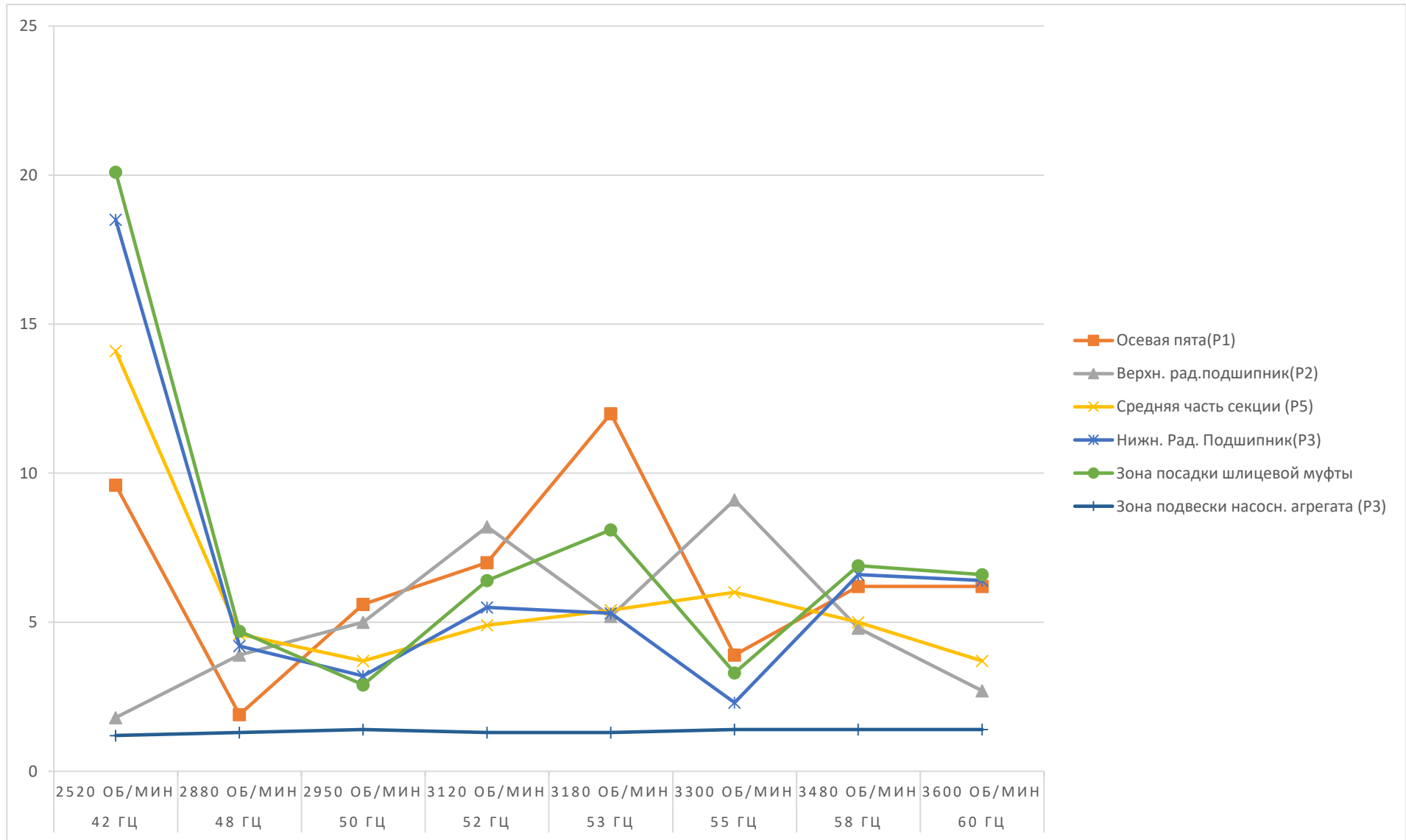


Рисунок 3 – Результаты измерения радиальной вибрации по длине корпуса насосного агрегата.

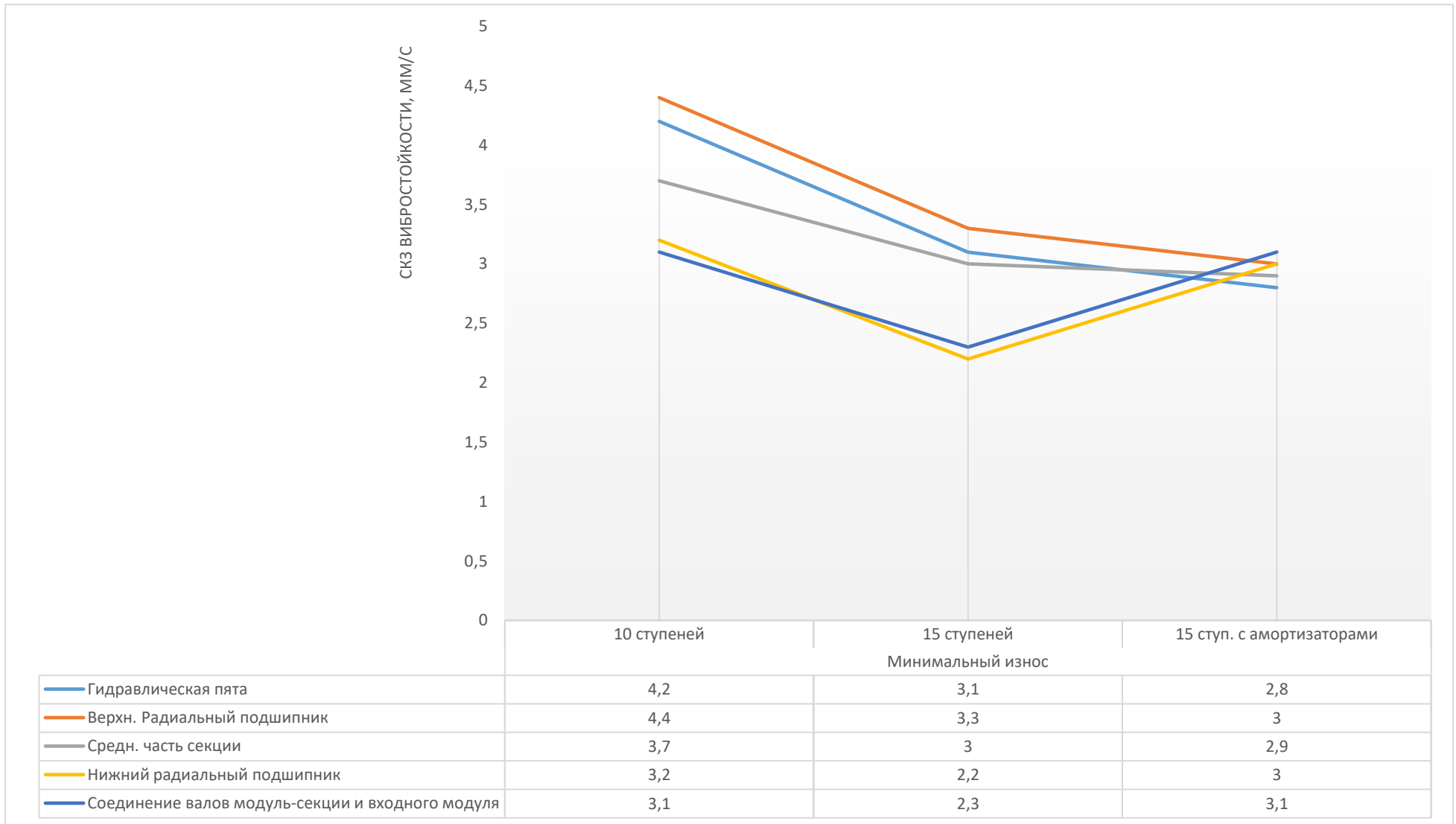


Рисунок 4 – СКЗ виброскорости в характерных точках корпуса насоса при минимальном износе

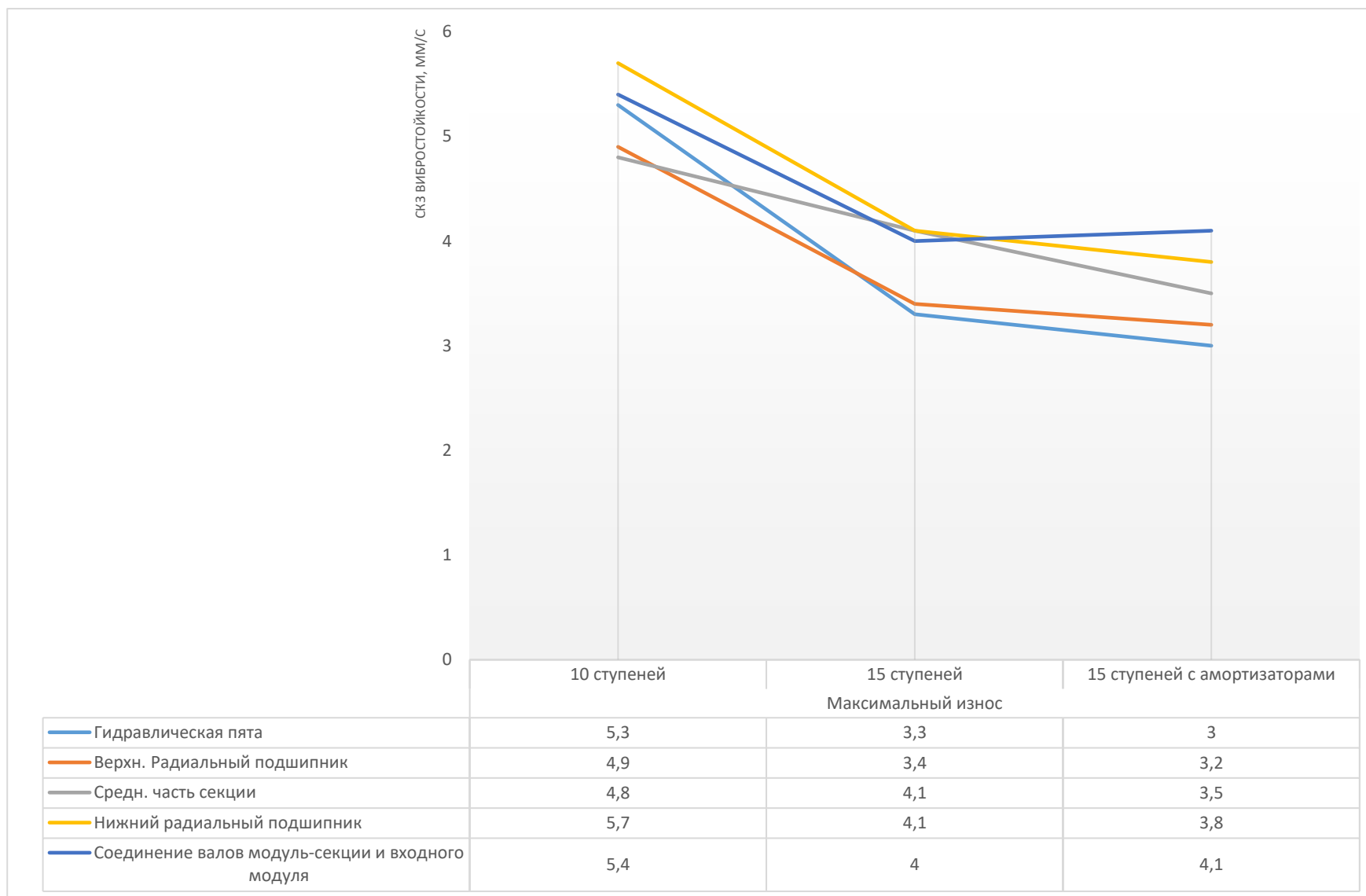


Рисунок 5 – СКЗ вибростойкости в характерных точках корпуса насоса при максимальном износе.

На рисунках 4 и 5 представлена сравнительная характеристика вибрации ЭЦН в разных исполнениях, на диаграммах сравнивается радиальная вибрация при максимальном и минимальном износе.

Из проведенных исследований можно прийти к следующим выводам:

1. На частотах 52 и 53 Гц возникают самые большие очаги вибрации в модуль-секции ЭЦН. радиальная вибрация возрастает в зоне расположения осевой пяты на 25 и 114 % соответственно, в зоне посадки шлицевой муфты (в нижней части секции) на 120 и 179 %.

2. В насосных агрегатах с новыми ступенями радиальная вибрация имеет большее значение в верхних концевых подшипниках секции по сравнению с ниже расположенными точками. Увеличение зазора от минимального 0,126 мм до предельного 0,866 мм вызывает увеличение радиальной вибрации на 25%. Регулирование напора секции насоса установкой ступеней без рабочих колес вызывает увеличение радиальной вибрации на 28,2%. При использовании 15 ступеней насоса без амортизирующих колец с увеличением радиального зазора от минимального 0,126 мм до максимального 0,866 мм (в 6,87 раз) радиальная вибрация возрастает на 26,5% и осевая - на 8,7%.

3. Установка резиновых амортизирующих колец при использовании 15 ступеней с минимальным зазором увеличивает радиальную вибрацию на 6% и уменьшает осевую вибрацию на 4,5%. С ростом износа радиальных подшипников ступеней до максимального значения радиальная вибрация в корпусе с установленными амортизаторами уменьшается на 7% и осевая уменьшается на 18%. При использовании насоса с 5 снятыми рабочими колесами радиальная вибрация увеличилась на 25,3%, осевая - на 17,6%. С ростом радиального зазора увеличение радиальной и осевой вибрации при максимально допустимом зазоре составляет соответственно 27,6% и 23,3%.

УДК 620.198

Исследование конструкции стэнда и влияния агрессивных факторов на работу НКТ

Кривко Д. А.

Научный руководитель - Борейко Д. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Актуальность. В нефтегазодобывающей промышленности колонна из насосно-компрессорных труб используется для перекачки нефти или газа и работает в экстремальных условиях эксплуатации. В большинстве случаев являются отказы НКТ, связанные с резьбовым соединением (разрушение, потеря герметичности и т.д.).

Обрывы труб и их износ могут быть вызваны коррозией: точечной коррозией, внутренней и наружной поверхности, коррозионным и сульфидным растрескиванием под напряжением и т.д.

Разрушения НКТ обычно локализованы на вполне определенных участках, таких как соединительные швы или переход между посадочной и цилиндрической частями тела трубы.

Цель работы. Изучить все режимы и нагрузки, которые испытывает НКТ при работе в добывающей скважине и на основе полученной информации изготовить установку по моделированию работы НКТ с учётом воздействия агрессивных факторов.

Для достижения цели работы, были поставлены следующие задачи:

1. Изучить режимы и нагрузки, которые испытывает НКТ в добывающей скважине;
2. Проанализировать проблемы связанные с эксплуатацией НКТ;
3. Изучить опыт решения проблем, связанных с эксплуатацией НКТ;
4. Разработать рекомендации по решению проблем связанных с эксплуатацией НКТ в добывающей скважине;
5. Выполнить построение блока НКТ в «КОМПАС-3D».

Предлагается разработка экспериментального стэнда по моделированию работы НКТ, которая поможет предотвратить влияние различных сред на развитие коррозионных процессов в резьбовом соединении, муфте и теле насосно-компрессорных труб, степени влияния агрессивных нагрузок, степени влияния давления и температур, и т.д.

Разработка экспериментального стенда по моделированию работы НКТ в скважине может решать следующие задачи:

1. оценка степени влияния различных сред из скважин на развитие коррозионных процессов в резьбовом соединении, муфте и теле НКТ;
2. оценка степени влияния осевых нагрузок (в том числе критических) на ресурс резьбового соединения и тела НКТ при различных нагрузках и режимах работы;
3. оценка степени влияния давления и температуры на ресурс резьбового соединения и тела НКТ;
4. оценка возникновения разрушающих коррозионных процессов в резьбе ниппеля, муфты и теле НКТ;
5. оценка степени влияния от вибрации ЭЦН работающего под нагрузкой на ресурс резьбового соединения и тела НКТ;
6. оценка влияния герметизирующей резьбовой смазки на состояние резьбы и герметичность соединения.

Первоначальный шаг при разработке экспериментального стенда НКТ стало создание схематического чертежа установки для моделирования работы НКТ и блока НКТ в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D».

Установка должна представлять собой замкнутую систему труб с насосом для подачи жидкости, оснащенную датчиками давления, температуры и расхода жидкости, и включать в себя детали и оборудование.

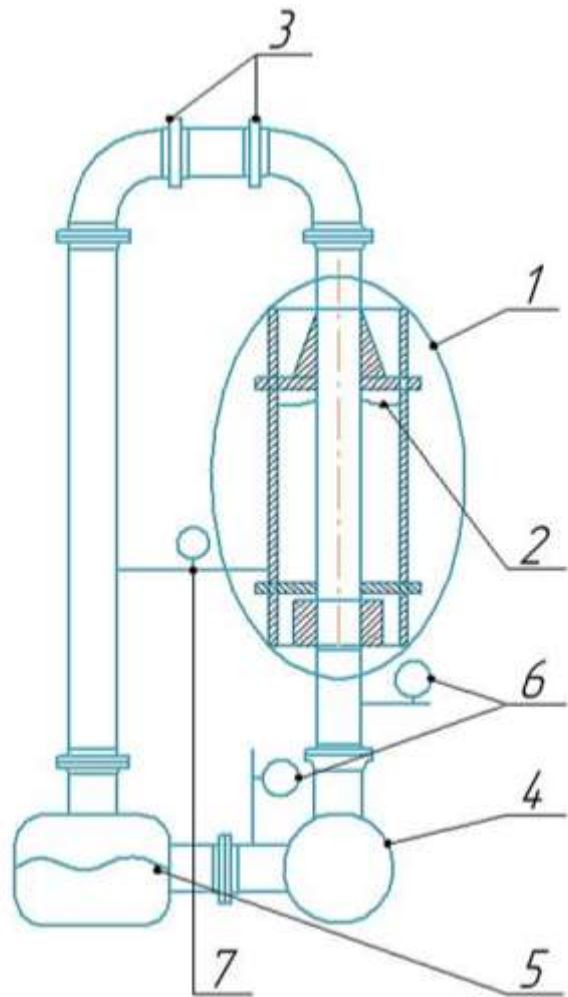
Установка для моделирования работы НКТ должна включать:

1. Соединение двух патрубков НКТ (испытываемых образцов) по 1,5 – 2,0 метра каждый;
2. Крепление, за которую удерживается верхняя часть патрубка НКТ;
3. Груз весом P , имитирующий осевую нагрузку от общего веса подвески НКТ;
4. Герметичную стенку вокруг НКТ, имитирующую герметичную колонну из обсадных труб;
5. Герметичные вставки (можно резиновые) снизу и сверху НКТ, для герметизации затрубного пространства;
6. Замкнутую систему, по которым жидкость (поток) поступает и циркулирует через НКТ;
7. Ёмкость для жидкости, откуда она непрерывно движется по системам труб НКТ и возвращается обратно;
8. Датчики для контроля показаний давления, температуры и расхода жидкости внутри НКТ и в затрубном пространстве;
9. Насос для перекачки жидкости.

Принципиальная схема установки для моделирования работы НКТ и блок НКТ представлены на рисунках 1 и 2.

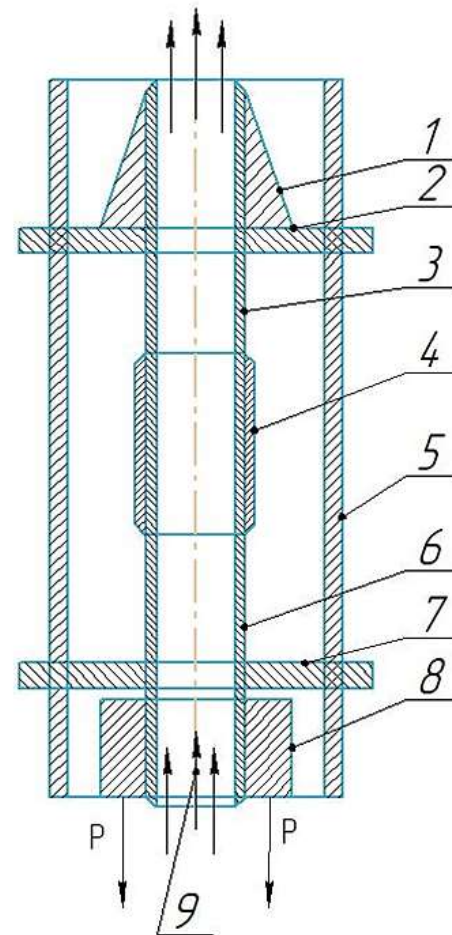
Порядок использования установки для моделирования НКТ:

1. Два патрубка длиной от 1,5м до 2,0м. каждый свинчиваются между собой в вертикальном положении в соответствии с п.5.
2. Собранные патрубки крепятся вертикально в установке для моделирования работы НКТ в скважине (патрубок с заводской муфтой должен располагаться ниже). На верхний патрубок устанавливается «крепление НКТ» на нижний патрубок устанавливается крепление для груза. К патрубкам снизу и сверху подсоединяется гибкое соединение труб, образуя замкнутую систему для циркуляции жидкости.
3. На креплении для груза навешивается соответствующий груз весом P (вес зависит от моделирования глубины спуска НКТ в скважину и может достигать до 30 тонн).
4. При необходимости к муфтовому соединению крепится электрический кабель с напряжением, соответствующим напряжению, когда ЭЦН работает под нагрузкой, кабель крепится при помощи клемм, одна выше другая ниже муфты НКТ.
5. Жидкость для емкости подбирается исходя из возможности моделирования реальных данных о перекачиваемой в скважине среде (п.7).



1 – блок НКТ; 2 – жидкость в загрубном пространстве; 3 – отводы;
 4 – насос; 5 – ёмкость с жидкостью; 6 – манометр;
 7 – байпасное соединение с внутритрубным пространством.

Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для моделирования работы НКТ.



1 – крепление НКТ; 2 – герметичная вставка;
 3 – патрубок НКТ с ниппелем; 4 – муфтовое соединение НКТ;
 5 – имитация обсадной трубы; 6 – патрубок НКТ с муфтой;
 7 – герметичная вставка; 8 – груз весом P; 9 – перекачиваемая среда.

Рисунок 2 – Блок НКТ.

6. Из емкости с помощью насоса подается готовая жидкость в систему труб, заполняя в том числе затрубное пространство по байпасной линии.

7. Задается необходимое давление, температура, расход и вибрация от ЭЦН.

8. Испытание проводится в течение заранее рассчитанного времени

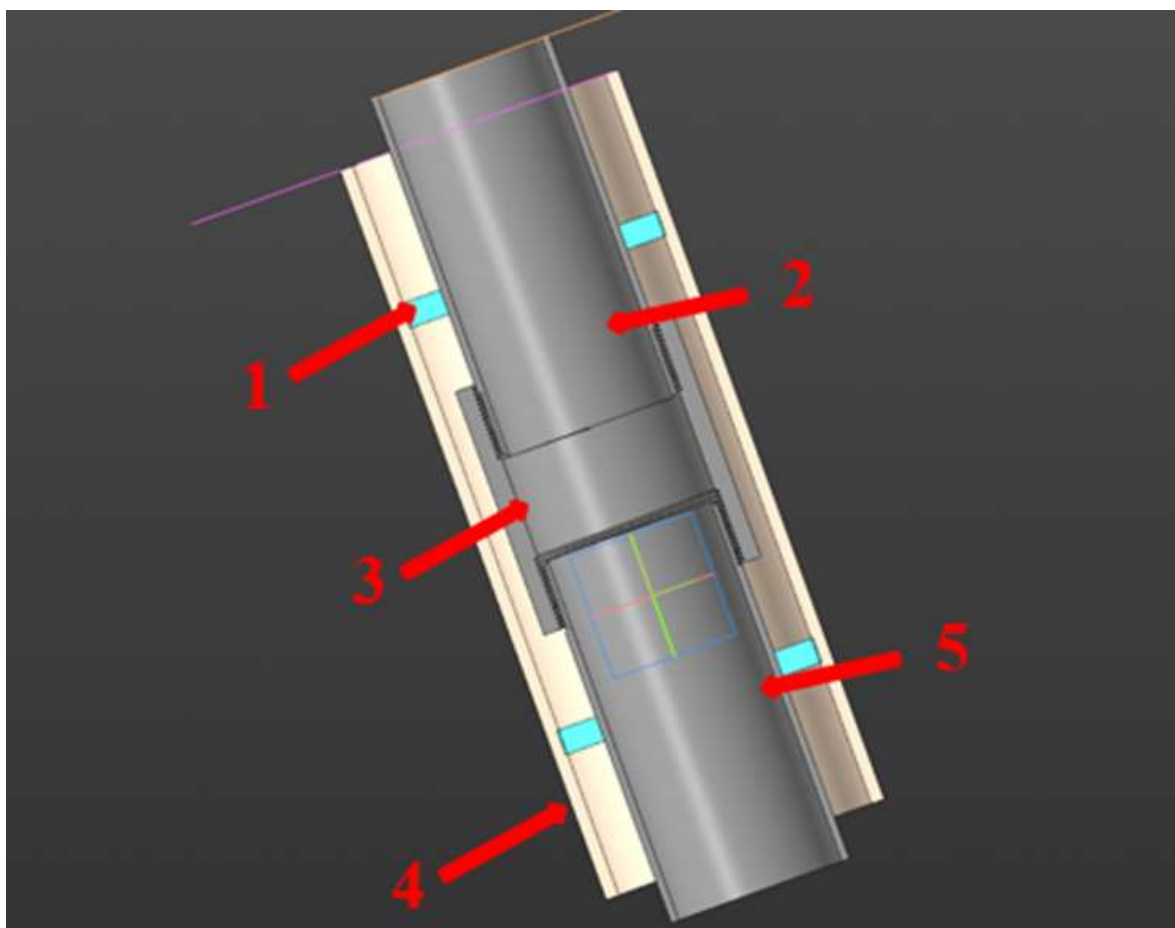
9. По окончании испытаний и остановки насоса, циркуляционная жидкость самотеком должна выйти из зоны патрубков НКТ и затрубного пространства.

10. Снимается груз, производится демонтаж кабеля ЭЦН, демонтаж патрубков из установки.

11. Развинчивание патрубков под нагрузкой.

Верхнюю часть патрубка НКТ необходимо надежно закрепить для исключения «пружинного эффекта» от разобщения соединения НКТ с грузом.

Вторым шагом в разработке экспериментального стенда было построение 3D-модели блока НКТ в САПР «КОМПАС-3D» по данным ГОСТ 633-80* «Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия», которая включает в себя герметичные резиновые вставки для герметизации затрубного пространства, муфтовое соединение НКТ, патрубок с ниппелем (сверху) и патрубок с муфтой (снизу), имитация обсадной колонны. Модель блока представлена на рисунке 3.



1 – герметичная вставка; 2 – патрубок НКТ с ниппелем; 3 – муфтовое соединение НКТ; 4 – имитация обсадной трубы; 5 – патрубок НКТ с муфтой.

Рисунок 3 – Модель блока НКТ в «КОМПАС-3D».

Библиографический список:

1. Аванесов В. А. Насосно-компрессорные трубы: Учебное пособие / В. А. Аванесов, Е. М. Москалева – Ухта: УГТУ. 2000. – 52 с.
2. Богатов Н. А. Лейнированные насосно-компрессорные трубы: учебное пособие / Н.А. Богатов, А.А. Богатов, Д.Р. Салихьянов.– Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 96 с.
3. ГОСТ 633-80* «Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия».

4. Быков, И. Ю. Стенд для проведения экспериментальных испытаний резьбовых соединений насосно-компрессорных труб / И. Ю. Быков, Д. А. Борейко, М. А. Денисов // Сфера. Нефть и Газ. – 2022. – № 4(87). – С. 78-80.

5. Патент № 2802764 Российская Федерация, МПК G01N 13/00 (2006.01), G01N 17/00 (2006.01). Лабораторный испытательный стенд для воспроизведения эксплуатационных условий внутри погруженной в нефтяную скважину колонны насосно-компрессорных труб при испытаниях различных методов противодействия коррозии и седиментации: № 2022134462 : заявл. 26.12.2022 : 01.09.2023/ Максимук А. В., Юдин П. Е., Веревкин А. Г., Желдак М. В., Богатов М. В., Берков Д. В., Крысина Д. А., Вязгин Д. С., Иванов А. В.; заявитель "Научно-производственный центр "Самара"». – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный.

УДК 622. 276.53

Анализ влияния обводненности продукции скважин на наработку до отказа насосных штанг в скважинных штанговых насосных установках (СШНУ)

Волкова Х. Ф., Бобылева Т. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Современные показатели анализов эксплуатации большинства нефтегазовых объектов в Западной Сибири показывают, что многие из них находятся на последней стадии разработки и обладают высокой обводненностью своей продукции. Обводненность в среднем по этому региону равна 85% и связана она с активными прорывами пластовых и закачиваемых вод в места, где располагаются добывающие скважины.

Физико-химические характеристики пластовых вод в скважинах в совокупности с динамическими и знакопеременными нагрузками в колонне насосных штанг при их эксплуатации являются первоначальными источниками коррозионной активности и усталости металла этого оборудования, в дальнейшем приводящим к их обрывам. [1]

На примерах высокообводненного фонда СШНУ в ОАО «Сургутнефтегаз» было выявлено, что наибольшая частота обрывов колонны штанг характерна для периодического кратковременного фонда скважин, причем большинство из них происходит именно в приустьевой зоне.

Эксплуатация СШНУ в скважинах ОАО «Сургутнефтегаз» и его подразделении НГДУ «Нижнесортымскнефть» выявила, что на статистику обрывов насосных штанг влияет режим работы скважин, компоновка глубиннонасосного оборудования, а также показатель обводненности продукции и конструкция ствола скважины.

Анализ инклинометрии действующих стволов в 310 добывающих скважинах показал, что их конструкции в интервале спуска насоса до 1200-1400 метров имеют два типа.

Первый тип – это конструкция с участком только набора кривизны ствола скважины. 95% скважин данного типа имеют участок набора кривизны в интервале 100-300 м.

Второй тип имеет конструкцию с участком набора и падения кривизны ствола скважины. 90% скважин этого типа имеют участок набора кривизны в интервале 100-300 м и участок спада угла наклона ствола в интервале 600-800 м

На основании данных за 2020-2023 годы, представленных на рисунке 1, выяснилось, что обрывность колонны штанг в скважинах ОАО «Сургутнефтегаз» присутствовала в скважинах только 1-го типа.

Для более детального рассмотрения влияния вероятных моментов сил на количество обрывов колонны штанг, в зависимости от глубины скважины конструкцию ствола первого типа разделили на три вида участков:

- Первый участок а близок к вертикальному и имеет диапазон глубины от 0-100 м;
- Второй участок б — это набор кривизны в диапазоне от 100-300 м;
- Третий участок с прилегает к насосу и располагается на 200 метров выше глубины спуска.

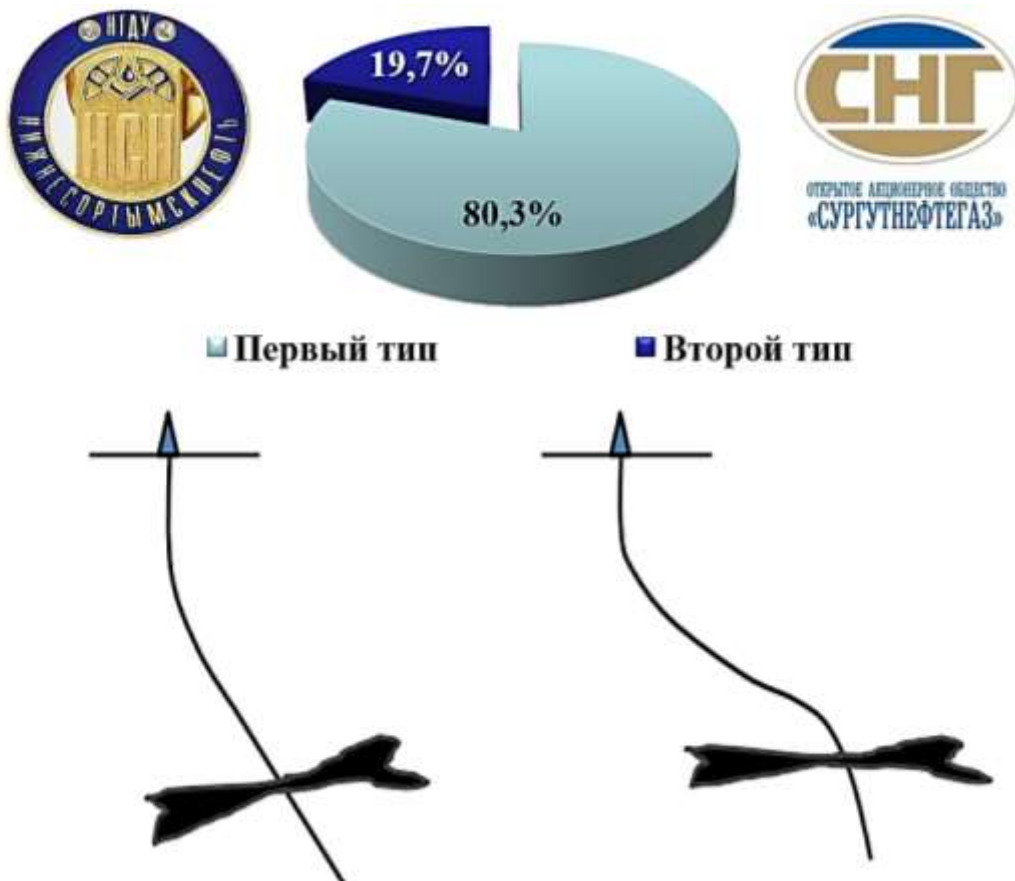


Рисунок 1 – Диаграмма распределения типа конструкций добывающих скважин ОАО «Сургутнефтегаз» и схемы их строения.

Участки а и б образуют приустьевую зону колонны штанг, которая имеет двухступенчатый характер компоновки колонны с разными диаметрами. Учитывая этот факт, была создана диаграмма распределения обрывов насосных штанг в зависимости от типового размера насоса и участков обрыва относительно ствола скважины и колонны штанг, а также места обрывов на элементе колонны. Ознакомиться с этой диаграммой можно на рисунке 2.

Компоновка колонны штанг ШСНУ в НГДУ «Нижнесортымскнефть» и НГДУ «Лянторнефть» имела двухступенчатый характер с соотношением:

- 40% - 3/4";
- 60% - 7/8";

Также на месте есть интервал колонны штанг с диаметром 7/8 ", который перекрывает участок а.

Анализируя эту диаграмму, можно сделать вывод, что в приустьевой зоне происходит наибольшее количество отказов из-за сверх нагрузок циклических растяжений и сжатий, а низ колонны штанг обрывается из-за действия скважинной жидкости на относительно большую площадь плунжера насоса. В данном случае на участке с знакопеременными нагрузками приводят штанги к периодическому частому изгибу из-за чего они потом рвутся. [2]

Также по данным из статистики по обрывам насосных штанг за 2020-2023 годы в ОАО «Сургутнефтегаз» известно, что за это время всего произошло 261 обрывов колонн насосных штанг. Из них, в 48 случаях, обрыв произошел в НГДУ «Нижнесортымскнефть» конкретно в приустьевой зоне малодебитного периодически работающего высокообводненного фонда скважин с производительностями менее четырех кубических метров в сутки и подвергаемыми остановками от одного до пяти раз в месяц и с обводненностью более 80%. Эти отказы в виде 17% от общего числа отказов отличались проведением целого комплекса дорогостоящих и сложных ловильных работ. Часто из-за нерентабельности проведения таких работ данные высокообводненные скважины нередко ставили в малорентабельную категорию с последующим выводом из эксплуатационного фонда.

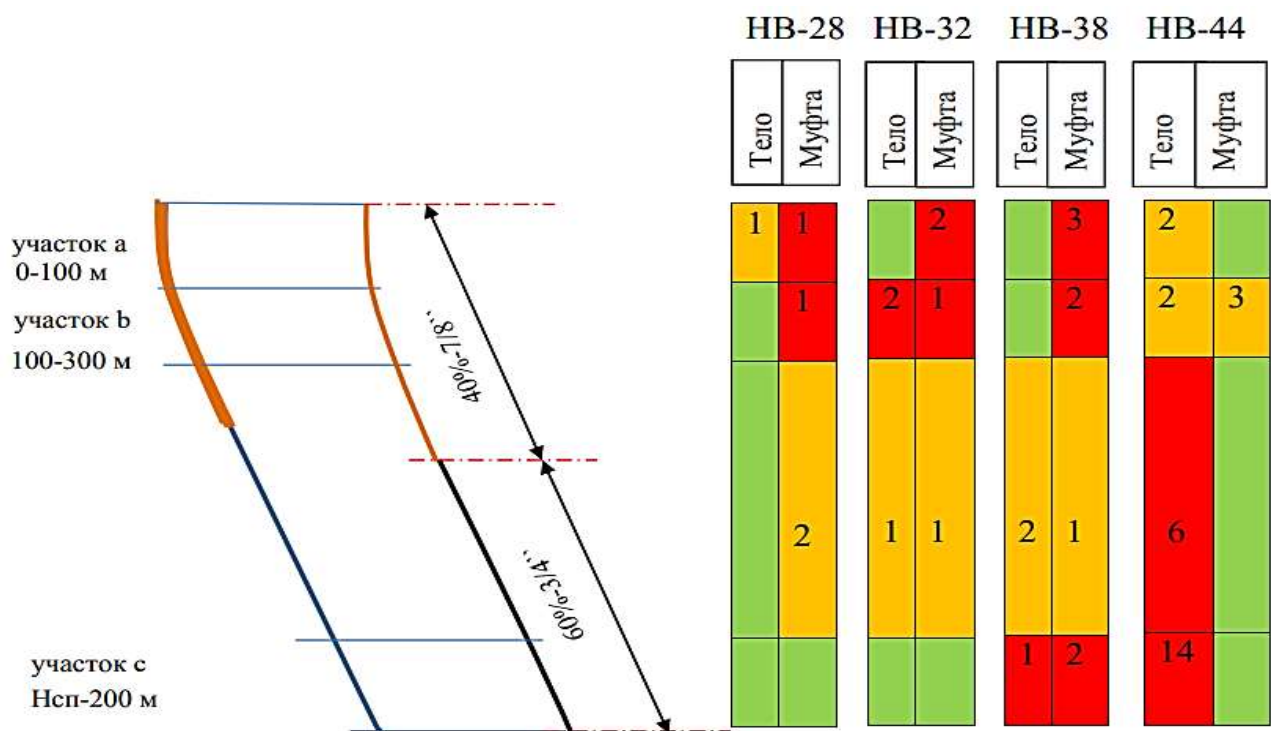


Рисунок 2 – Диаграмма распределения отказов колонны штанг по элементам, типоразмерам насосов штанговых глубинных насосов и участкам ствола скважины.

Распределение отказов колонны штанг в зависимости от обводненности продукции скважины (В) и наработки до обрыва элемента данной категории скважин (N) представлено на рисунке 3.

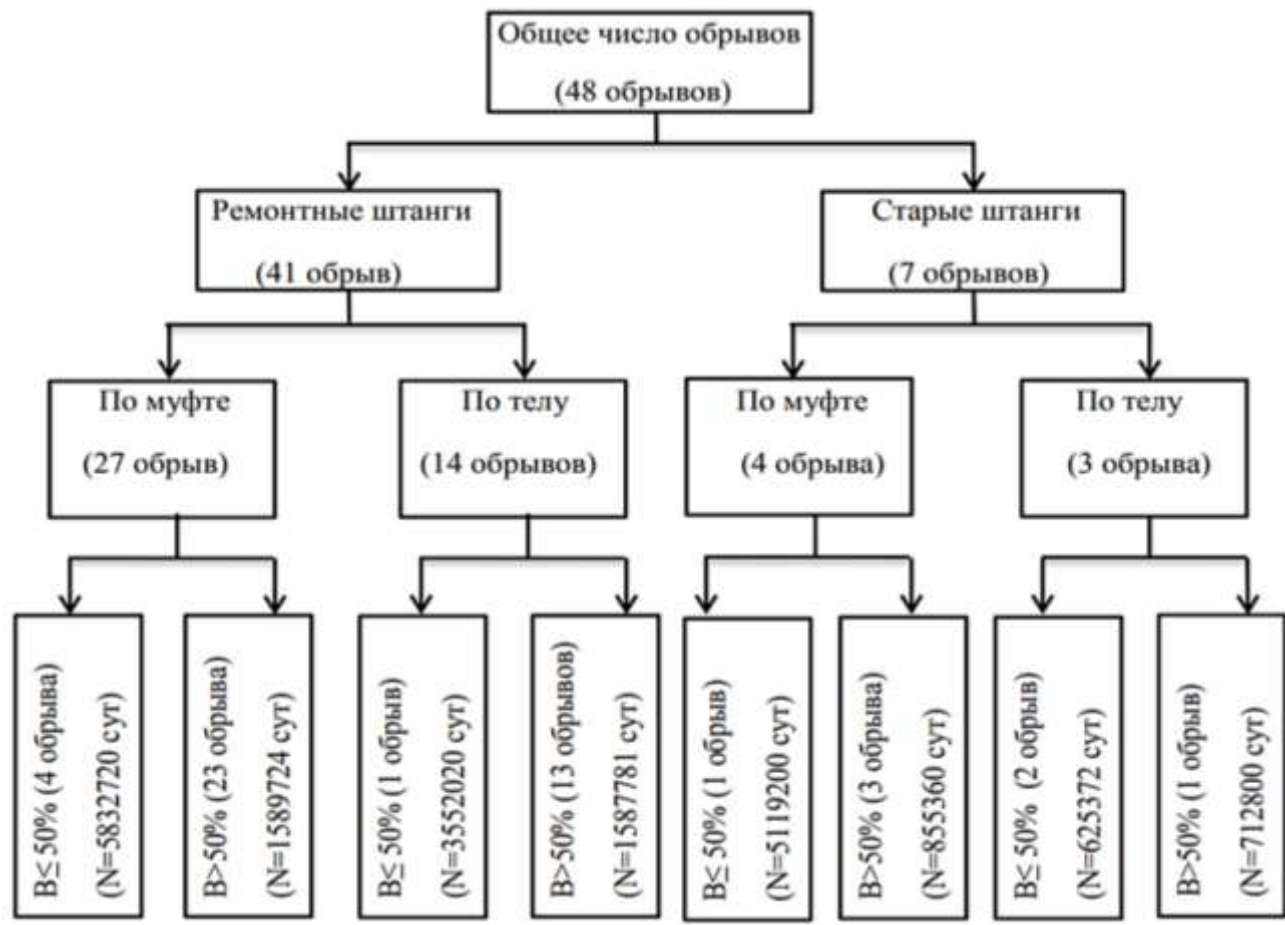


Рисунок 3 – Распределение обрывов приустьевой зоны колонны штанг малодебитного периодически работающего фонда скважин в НГДУ «Нижнесортымскнефть» при различных условиях.

Опираясь на данные из этой статистики видно, что наибольшее количество обрывов (это 41 случай) произошло на ремонтных штангах на месте муфт по центральному сечению. Это связано с низкой частотой применения старых штанг, которые потом подвергались отбраковке. А обрывы, которые происходили в приустьевой зоне, связаны с влиянием обводненности продукции скважин и числом циклов нагружения элемента до отказа. Таким образом выяснилось, что предельная прогнозная наработка старых штанг и муфт в условиях наклонных скважин ОАО «Сургутнефтегаз» равна от 600.000 до 800.000 циклов, а для ремонтных этот параметр изменяется от 1000.000 до 1600.000 циклов.

На основе данных исследований получена также характерная картина распределения средней наработки колонны штанг до обрыва в зависимости от обводненности продукции скважины, она подробно представлена на рисунке 4.

Благодаря выполненным задачам данного статистического анализа распределения количества обрывов колонны штанг в зависимости от обводненности продукции скважин в НГДУ «Нижнесортнымскнефть» подробно выяснилось коррозионное воздействие обводненного фонда скважин на наработку колонны штанг до отказа, а также определилось фактическое корродирование металла штанг в зоне ее обрыва с помощью серии комиссионных осмотров.



Рисунок 4 – Статистическая информация распределения количества обрывов колонны штанг в зависимости от обводненности продукции скважин в НГДУ «Нижнесортнымскнефть» за 2020–2023 годы.

Исходя из этого распределительного анализа замечено, что увеличение обводненности влияет на снижение наработки колонны штанг до ее обрыва. Это связано с коррозионным воздействием пластовой воды на металл и увеличением нагрузки на колонну штанг. При обводненности от 50% до 70% наработка СШНУ практически одинаковая и имеет низкие значения из-за совокупного влияния коррозии и вязкого трения, вызванного образованием водонефтяной эмульсии. Однако при обводненности выше 75%, когда высоковязкие эмульсии не образуются, наработка до обрыва становится еще меньше из-за дальнейшего роста коррозии и нагрузок на колонну штанг.

Совместное влияние высокой обводненности продукции скважин и увеличение нагрузок на элементы подземного оборудования являются главной причиной возникновения коррозионной усталости материала штанг и муфт, приводящие к растрескиванию металла и снижению предела прочности на разрыв.

На рисунке 5 представлен пример элемента обрыва насосной штанги с малобитной обводненной скважины № 811 Новонадымского месторождения.



Рисунок 5 – Элемент обрыва колонны штанг скважины №811 Новонадымского месторождения.

Новонадымское месторождение принадлежит было открыто в 2004 году и до сих пор находится на начальной стадии обустройства. Месторождение расположено в Ямало-Ненецком Автономном округе РФ в очень заболоченной и обводненной севернотаежной подзоне. На месторождении построены два куста скважин и две одиночные разведочные скважины, также есть нефтегазосборный трубопровод протяженностью 17,1 км.

В настоящее время наиболее распространенные классификации пластовых вод по их физико-химическим свойствам представлены В.И. Вернадским, В.А. Александровым, В.А. Сулиным и Пальмером [3]. Углубляясь в изучение этих общепринятых классификаций, можно сказать, что между химическим составом всех нефтепромысловых вод и их коррозионной агрессивностью имеется определенная связь, которая обусловлена прежде всего содержанием таких коррозионных агентов, как сероводород, кислород, двуокись углерода и ионно-солевой состав среды. На все эти параметры могут указывать повышенный или пониженный рН показатель, скорость и температура перемешивания компонентов в такой воде, а также общий состав минерализации пластовой воды и жизнедеятельность сульфатвосстанавливающих бактерий, выделяющих в окружающую среду сероводород и сульфид железа, являющихся сильнейшим стимулятором коррозии металла.

Прибегая к такому методу изучения пластовых вод, можно сделать вывод, что в Западной Сибири преобладают в основном гидрокарбонатно-натриевый и хлоркальциевый типы пластовых вод, в которых содержится большое количество ионов хлора, натрия и гидрокарбоната. При этом водородный показатель (рН) таких вод изменяется от 7,2 до 8,5, что указывает на нейтральную среду воды, а минерализация здесь в среднем равна 20 г/л. При таком показателе минерализации максимально развивается скорость протекания коррозии, которая будет углубляться в металл более чем в 2,4 мм в год. А анализируя компонентный состав попутного нефтяного газа с месторождений Западной Сибири, выяснилось, что в его составе больше всего есть углеводородные газы и углекислый газ, а в меньшем количестве содержатся свободный кислород и азот.

Подробно рассматривая коррозионную активность каждого из перечисленных ранее компонентов, коррозионные процессы, протекающие в НКТ, в общем виде подразделяют на процессы кислородной, углекислотной, сероводородной коррозии. Вследствие практического отсутствия свободного кислорода в скважинах Западной Сибири, кислородный вид коррозии штанг в этом регионе нет. Наибольший вред оборудованию нефтяных и газовых скважин в этом регионе причиняет в совокупности углекислотная и сероводородная коррозии.

Исходя из характеристик компонентов попутного нефтяного газа, встречаемых на месторождениях Западной Сибири, можно сделать вывод, что развитие газовой коррозии на поверхности насосных штанг в приустьевой свободной от жидкости зоне возможно только лишь за счет присутствия CO₂ и сероводорода. Действие азота в данном регионе незначительно и мало изучено.

Таким образом эксплуатация СШНУ в современных наклонных скважинах сопряжена с рядом агрессивных факторов, которые снижают ее эффективность. Изучение отказов СШНУ в ОАО "Сургутнефтегаз" показало, что обрывы и отвороты колонны штанг составляют 23% от общего числа отказов. Устранение таких отказов является сложным и дорогостоящим инженерным процессом, который часто приводит к простаиванию таких скважин и убыткам.

Библиографический список:

1. Антипин, Ю. В. Предотвращение осложнений при добыче обводненной нефти / Ю. В. Антипин, М. Д. Валеев. – Уфа: Башкирское книжное издательство, 1987. – С. 105-131.
2. Давлетшин, Х. Г. Исследование влияния изгиба штанг на частоту их обрывов / Х. Г. Давлетшин, А. А. Абрашин // «Нефтепромысловое дело». – 1972. -№10. – С. 26-28.
3. Кочевков, М.А. Экспериментальное определение влияния коррозионного воздействия на прочностные характеристики материала колонны штанг при различных условиях смачивания // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2014. -№1. - С.94-113.

УДК 331.087

Анализ работы адсорбционной установки для осушки природного газа и пути совершенствования ее работы

Старинец А. Н.

Научный руководитель – Бобылева Т. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одним из основных нормируемых показателей, определяемых ГОСТом, при подготовке природного газа является его влагосодержание, характеризуемый параметром «точки росы». Чем ниже температура, до которой охлаждается газ при транспортировке и переработке, тем более жесткие требования предъявляются к его точке росы.

При подготовке и транспортировании газа в трубопроводе происходит выпадение капельной жидкости за счет снижения его температуры, что приводит к конденсации водяных паров и как следствие, к образованию водного конденсата. Водяной конденсат контактируя с компонентами природного газа образует газовые гидраты. Газовые гидраты образуются при определенных условиях

Образовавшиеся в результате газовые гидраты негативно в целом влияют на трубопроводную систему. При отложении газогидратов происходит сужение условного проходного сечения трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры. Образование газогидратных пробок приводит к частичному, а иногда и полному перекрытию сечения трубопровода, нарушается полноценный производственный цикл функционирования производственных установок, возникают аварийные ситуации. Известно, что влага, содержащаяся в газе, приводит к повышенной коррозии, как трубопроводной системы, так и производственных установок.

Повышение требований к качеству поступающих на рынок газов и их дальнейшей транспортировке в однофазном состоянии, широкое разнообразие физико-химических свойств адсорбентов и их селективная активность по отношению к выделяемым из газа компонентам определяют возможность применения адсорбционных процессов при подготовке газов со сложным химическим составом.

Адсорбционные установки нашли широкое применение для осушки природного газа, но, несмотря на все достоинства адсорберов, следует отметить их конструктивные и эксплуатационные недостатки:

- неравномерное распределение газовой фазы по сечению аппарата;
- недостаточная глубина осушки газа;
- «слеживаемость» адсорбента в процессе эксплуатации;
- отложения примесей в адсорбенте («закоксование»);
- небольшой срок эксплуатации адсорбента, что требует дополнительных затрат мощности на десорбцию.

Перечисленные недостатки требуют постоянного мониторинга качества адсорбента и уточнения режима эксплуатации адсорбционных установок.

Экспериментальные исследования и производственные испытания, направленные на продление срока службы адсорбентов, не приводят к желаемым результатам. Это негативно сказывается не только на осушке газа, но и на образующихся конструктивных элементах трубопровода и его техническом оснащении.

Неравномерное распределение газового потока по сечению аппарата нарушает расчетные гидродинамические характеристики, что приводит к снижению эффективности осушки и неравномерной выработке самого адсорбента, вынуждая производить его внеплановую замену.

Как правило, отработанный адсорбент в адсорбционных установках регенерируется горячим газом. Для регенерации используется либо часть сухого (или осушающего) газа, либо побочный инертный газ. [3].

Основным аппаратом схемы осушки газа является адсорбер. Его работа состоит из трех периодов: осушки газа, регенерации и охлаждения адсорбента. Варианты технологических схем адсорбционной осушки представлены на рисунке 1.

Газ с капельной жидкостью поступает в устройство 1, где из него удаляются вода, жидкие углеводороды и механические примеси. В адсорбере 2 из газа удаляется влага, отделившаяся в сепарационной установке 1. Затем газ направляется на дальнейшую обработку, а адсорбер переключается на регенерацию, где регенерация осуществляется горячим газом в адсорбере 4, а охлаждение - сырым газом в адсорбере 3.

В зависимости от метода регенерации установки осушки газа можно разделить на установки с открытым и закрытым циклом. В установках с открытым циклом газ с этапа регенерации, либо удаляется из системы, либо смешивается с исходным газом после однократного прохождения через охлажденный и/или нагретый адсорбер. Установки открытого цикла характеризуются относительно небольшими и эффективными системами рекуперации тепла.

В установках другого типа (замкнутого цикла) десорбция влаги происходит путем пропускания горячих газов через адсорбенты, циркулирующие в замкнутом контуре с помощью газодувки.

В технологической циркуляционной цепи газ охлаждается для выделения воды, затем снова нагревается и возвращается в адсорбер на этапе регенерации.

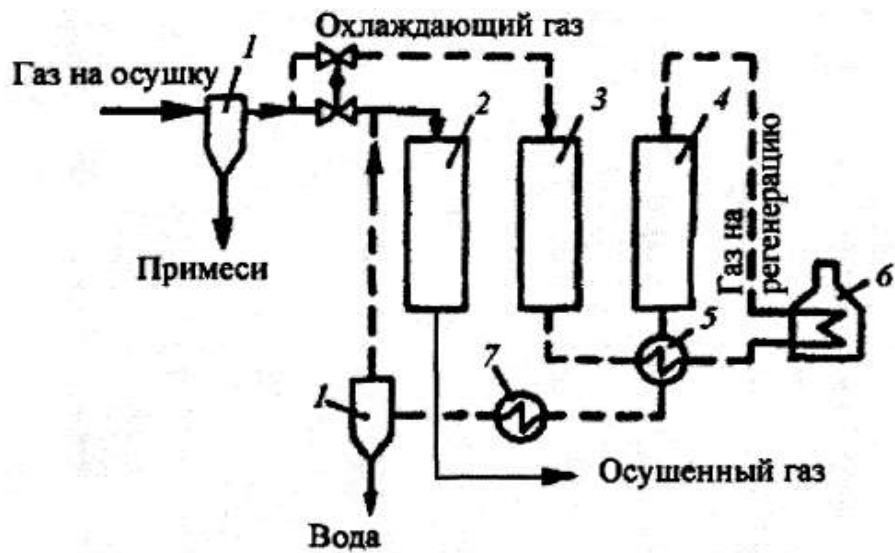
Системы с замкнутым циклом имеют более высокие капитальные и эксплуатационные затраты, однако их работа очень стабильна.

Высокоэффективное и стабильное обезвоживание газа на адсорбционных установках возможно только при условии их непрерывной работы в течение достаточно длительных периодов времени.

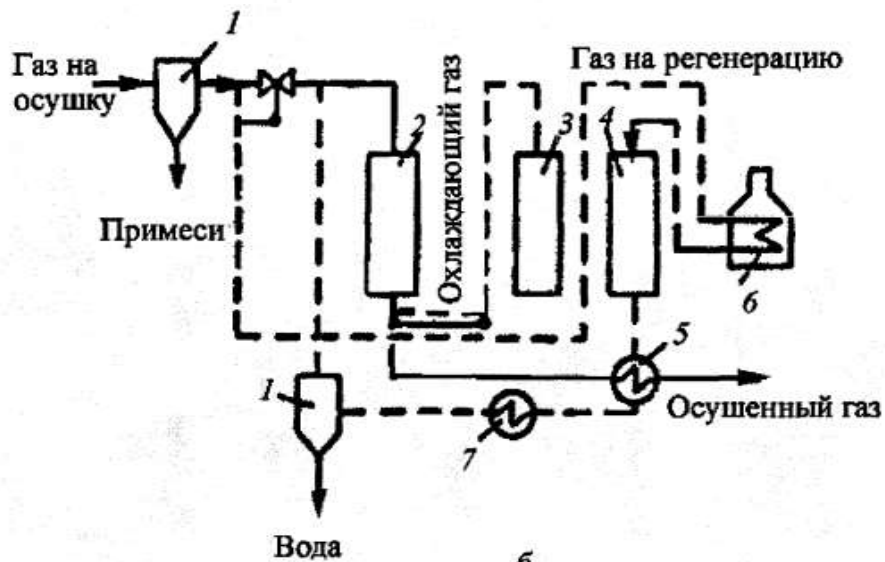
Во время остановок влага накапливается путем диффузии, особенно в оборудовании и телекоммуникационном оборудовании после испытаний под давлением, где рабочей средой является вода. [4].

Основным недостатком традиционных установок с неподвижными адсорбционными слоями является периодичность процесса в отдельных блоках. Из эксплуатационных соображений продолжительность рабочего цикла адсорбера обычно составляет несколько часов для соблюдения графика работы адсорбционной установки и экономии тепла.

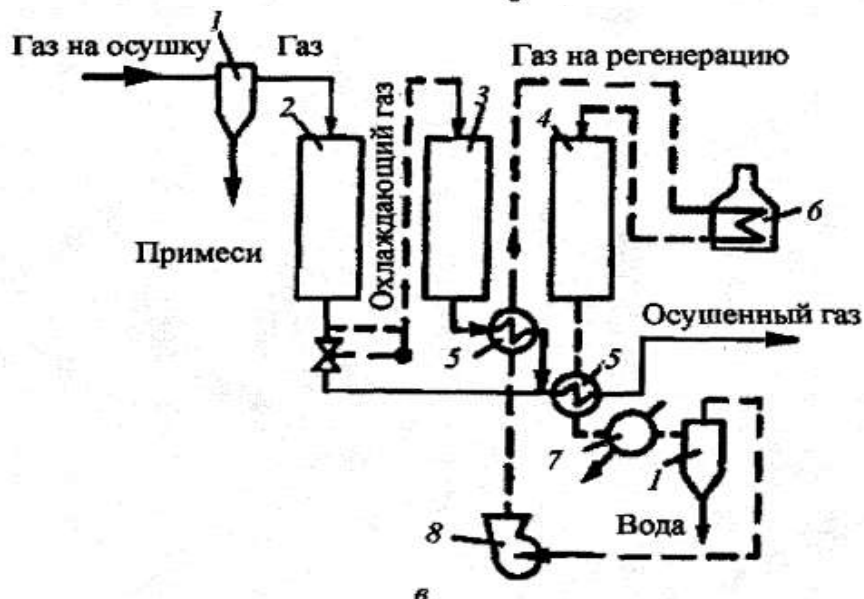
Поэтому нагрузка на адсорбент в несколько раз превышает активную часть адсорбента в зоне массопереноса. В результате циклические адсорберы имеют большое гидравлическое сопротивление, что приводит к увеличению энергопотребления и ограничению производительности.



а



б



в

а), б) «открытым» циклом; в) с «закрытым» циклом.
 1 — сепараторы, 2 — адсорбер на осушке газа, 3 — адсорбер на охлаждение, 4 — адсорбер на регенерации, 5 — теплообменник, 6 — печь, 7 — холодильник, 8 — газодувка.

Рисунок 1 – Варианты схем установки осушки газа.

На газоперерабатывающих заводах природный газ обезвоживается более квалифицированно, чем на месторождении. На таких заводах осушка газа цеолитами осуществляется до точки росы -85°C . В тоже время цеолиты используются и для обезвоживания некоторых промежуточных жидкостей, например, верхних продуктов установок дезанизации.

При выборе метода осушки адсорбент определяется составом сырья, количеством влаги, а также давлением и температурой газа в пластовых условиях. Благодаря правильному проектированию и техническому осуществлению технологического процесса адсорбент позволяет получать высококачественный товарный газ с высокими технико-экономическими показателями.

Несовершенства процессов с целью обеспечения качества товарного продукта компенсируются дополнительными производственными ресурсами, которые включают материальную и энергетическую составляющие.

Через совершенствование режима работы оборудования посредством его модернизации осуществляется переход на интенсивный путь развития производства [5].

Повышение эффективности работы адсорбционных аппаратов может быть достигнуто за счет выравнивания газового потока (т. е. внедрения распределительного устройства) и применения более эффективных адсорбентов.

Библиографический список:

1. Афанасьев А.И., Афанасьев Ю.М., Бекиров Т.М. и др. Технология переработки природного газа и конденсата. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. – Ч.1. – 517 с.
2. Балыбердина И. Т. Физические методы переработки и использования газов: учеб для вузов. – М.: Недра, 1988. – 248 с.
3. Бекиров Т.М. Первичная переработка природных газов. – М.: Химия, 1987. – 256 с.
4. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
5. Тараканов Г.В. Основы технологии переработки природного газа и конденсата: учеб. пособие / Г.В. Тараканов, А.К. Мановян; под ред. Г.В. Тараканова; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 192 с.

УДК 620.193:622.276.054

Анализ причин коррозионного разрушения насосных штанг и разработка рекомендаций по его предупреждению

Сапрыкина Л. Э.¹, Бобылев А. И.²

Научный руководитель – Борейко Д. А.¹

1 - Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия,

2 – ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», г. Усинск, Россия

В настоящий момент имеются 3 проблемы в работе с насосными штангами:

Большой фонд старых штанг проходят ревизию без дефектоскопии, а не ремонт;

Малый объем ввода новых штанг повышенной прочности из среднелегированной стали 30ХГН2МФ (130 МПа);

Множественные нарушения ремонтных бригад при спуско-подъемных операциях насосных штанг (нарушения резьбы, механические повреждения, несоблюдения моментов свинчивания).

На сегодняшний день из 400 скважин с установками штангового глубинного насоса всего в 129 спущены новые насосные штанги.

Цель:

- Рассмотреть основные проблемы осложнения коррозией насосных штанг, связанные с хранением и транспортировкой насосных штанг.

Задачи:

- Выявить нарушения на предмет хранения и транспортировки насосных штанг (НШ);

- Выявить нарушения трубной базы на ревизию насосных штанг

Ремонтные насосные штанги - это ремонт с отрезкой головок штанг, то есть головки штанг отрезаются и на «старом теле» штанги, выковываются новые. При этом размер штанг уменьшается с 8000 мм до 7800 мм. (Рисунок 1).

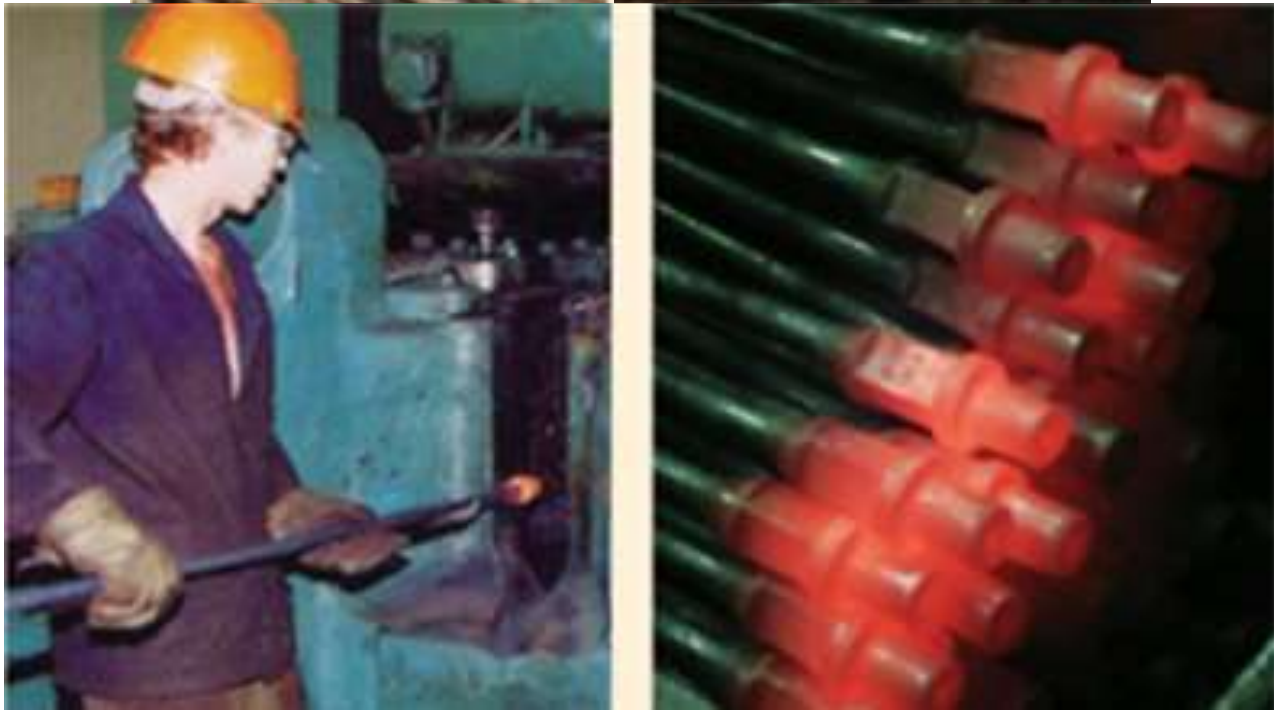


Рисунок 1 – Технология ремонта б/у штанг с отрезкой головок.

Проверка трубной базы на предмет хранения и транспортировки насосных штанг

В марте 2023 г. в трубной базе была проведена проверка на предмет хранения и транспортировки насосных штанг (НШ) и были выявлены следующие нарушения, не соответствующие ГОСТ 31825-2012 «Штанги насосные, штоки устьевые и муфты к ним»:

1. Насосные штанги хранятся под открытым небом, без защиты от воздействия внешних погодных условий, также лежат в снегу, что является нарушением п. 11.7, где описывается условия хранения металлических штанг от прямых атмосферных осадков. И нарушение п. 11.9 «Хранение пакетов, штанг и устьевых штоков непосредственно на земле не допускается» (Рисунок 2);



а

б

в

а - насосные штанги хранятся под открытым небом, без защиты от воздействия погодных условий;

б - на стеллаже распакованный пакет НШ (насосные штанги) лежит в снегу, штанги не скреплены;

в - готовые пакеты ремонтных НШ (насосные штанги) на стеллаже лежат в снегу, имеют следы коррозии.

Рисунок 2 - Фотоматериал проверки трубной базы.

2. При комплектации пакетов ремонтных НШ (насосные штанги) допущен контакт резьбовой поверхности ниппельной части одних НШ с галтельными частями соседних штанг, что способствует деформации резьбы при дальнейшей транспортировке (Рисунок 3). На стеллажах хранения пакетов ремонтных НШ (насосные штанги), подготовленных к транспортировке, пакеты стянуты при помощи стальной проволоки за тело штанг (Рисунок 3) – нарушение п. 11.9 «Хранение пакетов, штанг и устьевых штоков непосредственно на земле не допускается».

Проверка трубной базы на ревизию насосных штанг

В апреле 2023 года проведена проверка ревизии насосных штанг на трубной базе. В ходе проверки выявлены следующие нарушения (Рисунок 4):

- Насосные штанги на время проведения мойки стянуты металлическими канатными стропами;

- По окончании мойки, насосные штанги извлекаются из ванны и кладутся на приемный металлический стеллаж без подкладок с незащищенными ниппельными концами;
- После остывания насосных штанг, производится раскатывание и визуальный осмотр (при раскатывании штанг из пачки штанги гнутся, ударяются о металлические поверхности);
- Производится зачистка металлическими щетками галтельных частей, калибровка и отбраковка насосных штанг по резьбе и визуально по искривлениям;
- На поверхности насосных штанг обнаружены: -царапины глубиной более 0,35 мм; -коррозионные раковины глубиной более 0,5 мм; -износ по телу штанги 0,7 мм.

За время проведения проверки ревизии насосных штанг, визуальная ревизия и замер глубины повреждений не проводился.



а

б

а - При комплектации пакетов ремонтных НШ (насосные штанги) допущен контакт резьбовой поверхности ниппельной части одних НШ с галтельными частями соседних штанг, что способствует деформации резьбы при дальнейшей транспортировке;

б - На стеллажах хранения пакетов ремонтных НШ (насосные штанги), подготовленных к транспортировке, пакеты стянуты при помощи стальной проволоки за тело штанг.

Рисунок 3 - Фотоматериал проверки трубной базы.

Как должны храниться правильно насосные штанги от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. Согласно ГОСТ 31825-2012 «Штанги насосные, штоки устьевые и муфты к ним» п. 11.7 металлические штанги хранятся внутри помещения, обеспечивая их защиту от прямых атмосферных осадков. Изделия не должны соприкасаться с металлическими или другими предметами, нарушающими их целостность. В процессе хранения один раз в квартал следует проверять состояние защитного покрытия штанг, устьевых штоков и при необходимости восстанавливать его (Рисунок 5).

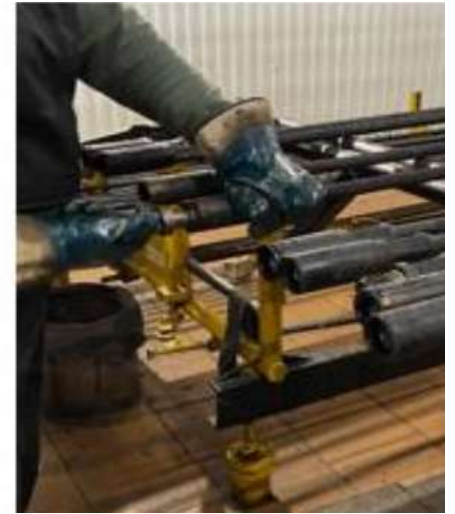


Рисунок 4 – фотоматериал проверки ревизии насосных штанг.



Рисунок 5 - Правильное хранение насосных штанг.

Сравнение количества обрывов насосных штанг по отношению к действующему фонду скважин с УШГН (установка штангового глубинного насоса) за 2023 год

В ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз» наблюдается рост фонда скважин, эксплуатируемых ШГН. При этом, при увеличении фонда начало расти количество обрывов насосных штанг.

Со второго квартала 2023 года начали внедрять насосные штанги 130 МПа, в результате чего количество обрывов насосных штанг остается на уровне. Основная причина отсутствия снижения количества обрывов – большой фонд старых насосных штанг 98 МПа (Рисунок 6).

Сравнение количества обрывов новых и ремонтных штанг по отношению к оборотному фонду новых и ремонтных штанг

На втором графике показано, что с учетом роста фонда скважин наблюдается рост наработки на отказ.

В нижнем графике указано поквартально сколько насосных штанг спущено новых и ремонтных. При этом видно, что внедрение новых насосных штанг меньше, чем старых 98 МПа. Так же при пиковом значении фонда ремонтных насосных штанг 1 квартала 2023 года видно, что при большем внедрении ремонтных насосных штанг растет количество обрывов (Рисунок 7).

Исходя из анализа по графикам (Рисунок 6, 7) можно сделать следующий вывод: внедрение новых штанг снижает риск обрыва. Но для большего эффекта необходимо заменить фонд ремонтных насосных штанг.

Транспортирование и хранение

Согласно ГОСТ 31825-2012 насосные штанги транспортируются любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозок, действующими на транспорте каждого вида и техническими условиями погрузки и крепления грузов.

При проведении погрузочно-разгрузочных работ должны быть выполнены требования ГОСТ 22235-2010 «Вагоны грузовые магистральных железных дорог». Высота штабеля пакетов штанг должна быть не менее 2м. Пакеты должны соприкасаться друг с другом только поперечными стяжками.

ГОСТ 31825-2012 «Штанги насосные, штоки устьевые и муфты к ним» п. 11.5. Погрузку, выгрузку и перегрузку пакетов следует выполнять с помощью приспособлений, обеспечивающих сохранность штанг и устьевых штоков

Условия хранения насосных штанг должны обеспечивать их защиту от прямых атмосферных осадков. Изделия не должны соприкасаться с металлическими или другими предметами, нарушающими их целостность, также не должны храниться на земле. Раз в квартал проверяют состояние защитного покрытия штанг. Если защитное покрытие повреждено, его восстанавливают при необходимости.

Если выявляется нарушение на предмет транспортировки в трубной базе, то составляется акт о нарушении.

Входной контроль

При поступлении насосных штанг с трубной базы производится входной контроль по следующим параметрам:

Контроль качества мойки. Не отмытые насосные штанги приёмке не подлежат, после внесения отметки в сопроводительную записку соответствующей отметки возвращаются на трубную базу для повторной мойки.

Проверка соответствия данных действительным, указанных в сопроводительной документации. Количество насосных штанг и их исполнение должно соответствовать указанному в сопроводительной документации. Описательная информация, указанная в сопроводительной записке, также должна соответствовать действительной. В случае невыполнения данного требования приёмка штанг не производится. О данном факте необходимо поставить в известность мастера участка (сменного мастера).

В случае выполнения вышеперечисленных требований производится приёмка насосных штанг, после чего они поступают на сортировку.

Недостатки входного контроля

В ходе анализа исходной ситуации были выявлены несколько корневых причин проблем: устаревшее и недостаточное техническое оснащение, нерациональное использование площадей предприятия, неотлаженная логистика, отсутствие учета и формирования базы данных.

Сравнение количества обрывов насосных штанг по отношению к действующему фонду скважин с УШГН за 2023 год

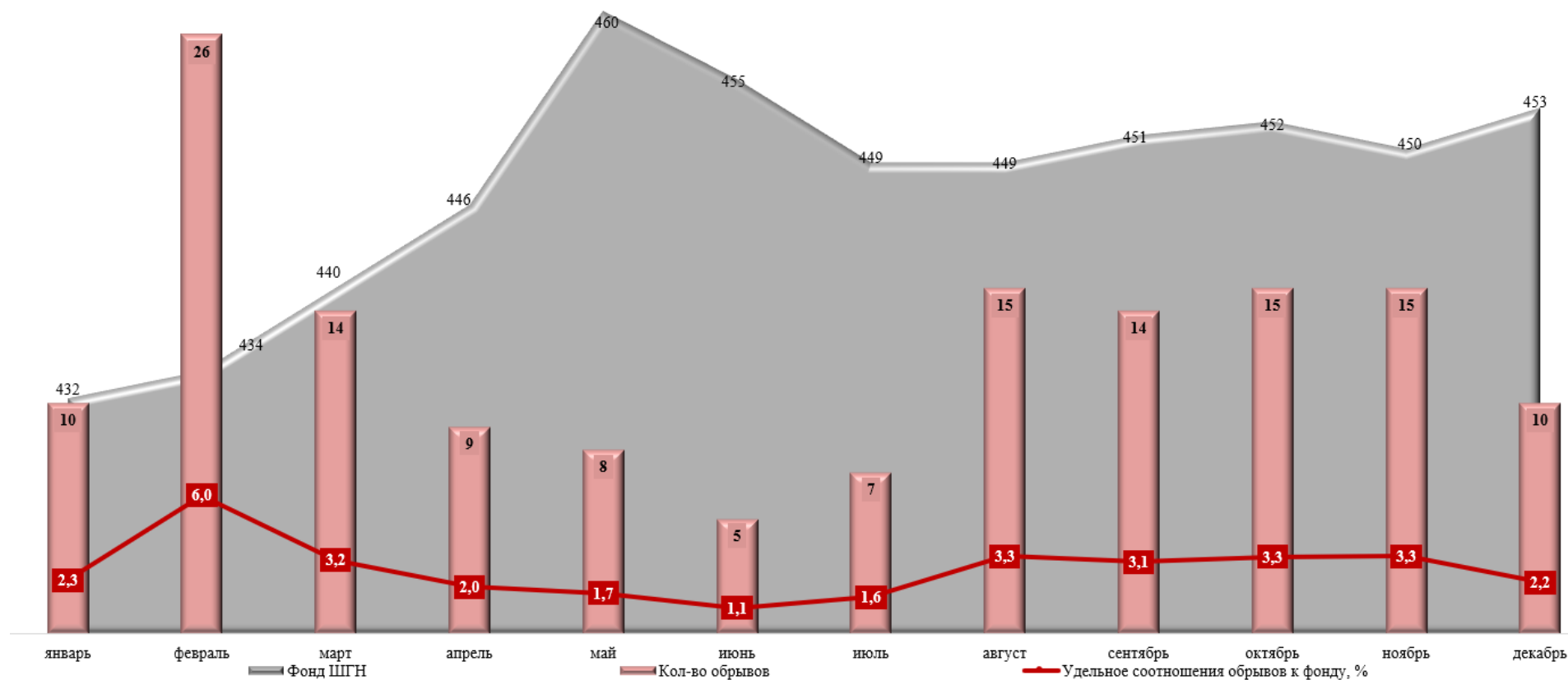


Рисунок 6 - Сравнение количества обрывов насосных штанг по отношению к действующему фонду скважин с УШГН (установка штангового глубинного насоса) за 2023 год.

Сравнение количества обрывов новых и ремонтных штанг по отношению к оборотному фонду новых и ремонтных штанг

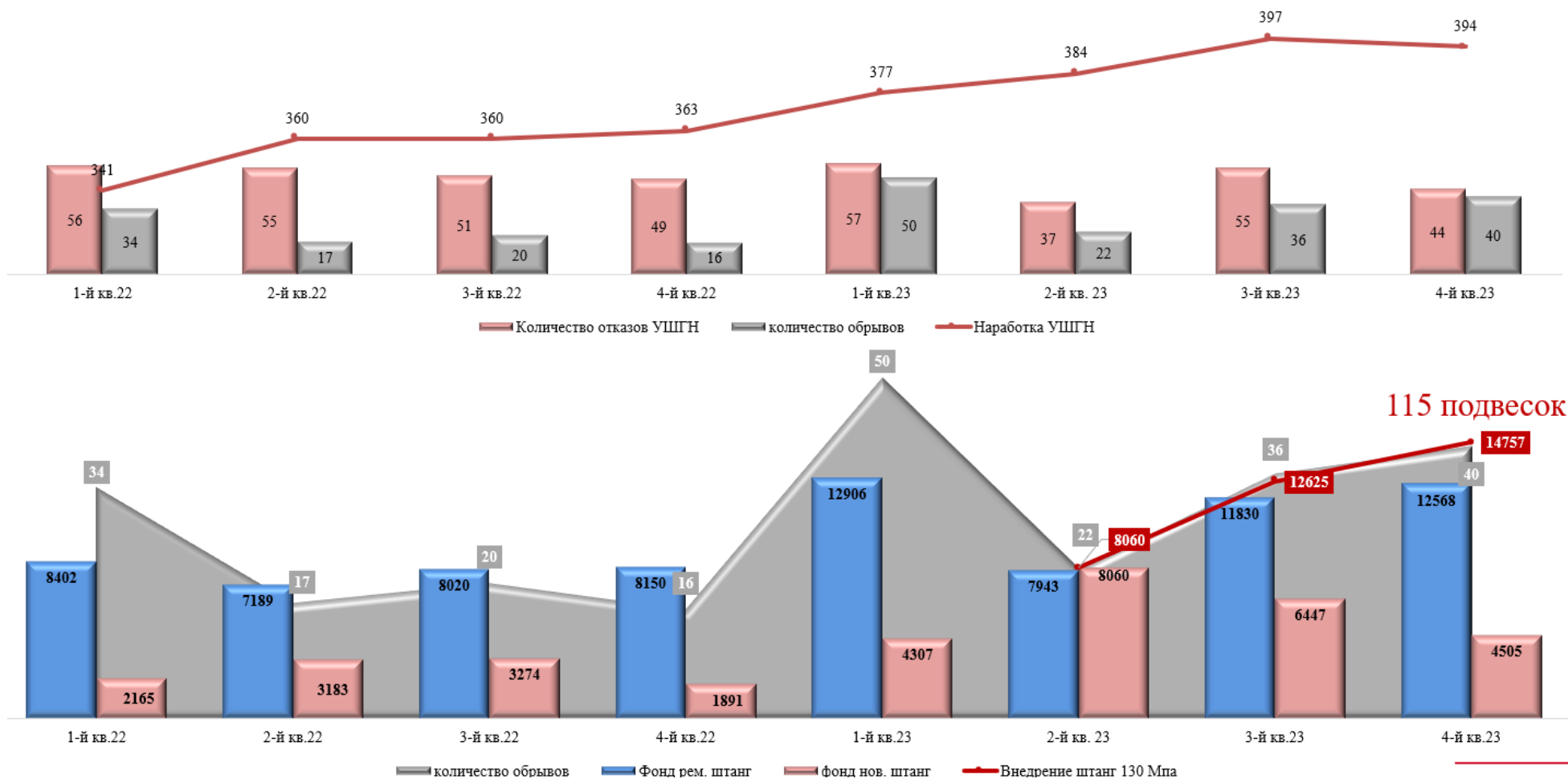


Рисунок 7 - Сравнение количества обрывов новых и ремонтных штанг по отношению к оборотному фонду новых и ремонтных штанг.

Проблема технического оснащения выражалась:

в использовании ручного измерительного инструмента, что приводило к появлению значимых погрешностей при замерах геометрических параметров и ошибкам измерений, обусловленным сложной формой комплектующих (рисунок 8);

в необходимости повышения квалификации и дисциплинированности контролеров, использующих ручной инструмент для выполнения сложных измерений;

в отсутствии необходимого оборудования для одновременного контроля герметичности деталей разного типа, из-за чего работникам отдела технического контроля (ОТК) приходилось обращаться за помощью к другому структурному подразделению, не подчиняющемуся руководству цеха и ОТК.

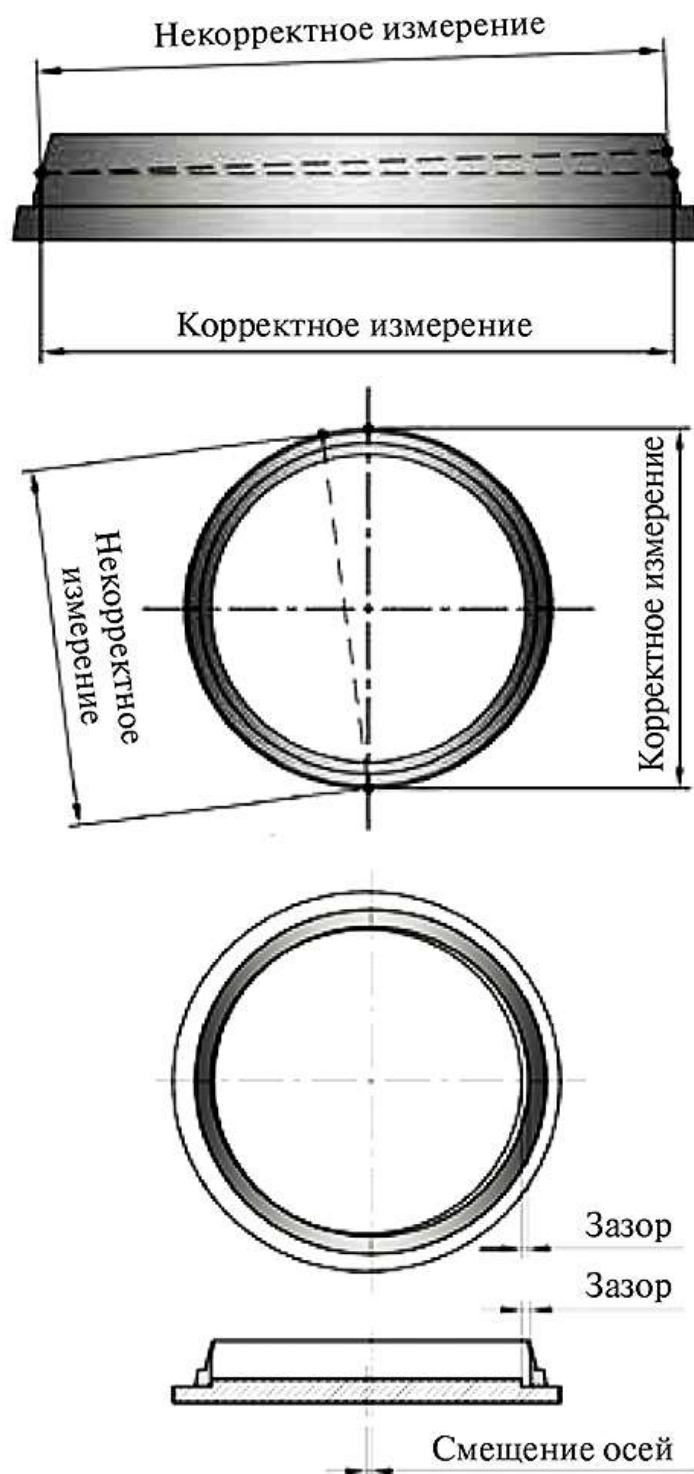


Рисунок 8 - Ошибки измерения при использовании ручного измерительного прибора.

Недостатки регламентов и методик

Нарушение правил о транспортировке от бригады подземного ремонта скважин трубной базы. То есть при извлечении насосных штанг на скважине, везут в трубную базу, неправильно упаковывая и транспортируют. То есть пачку штанг собирают, фиксируют катаной проволокой, краном одной стропой поднимают, от тяжести дугой сгибаются. Нет контроля над бригадой.

Нет дефектоскопии у трубной базы. При транспортировке насосных штанг получаем микротрещины. На трубной базе нет возможности вести учет наработки насосных штанг. Также не сортируются насосные штанги в трубной базе, отсутствие года выпуска насосных штанг, разноразные насосных штанг перемешиваются между собой.

Ремонтный фонд, где большая часть фонда, это старые штанги из стали 15ХГН2МФ (98 МПа). Они сколлегированны, больше подвергаются коррозии. Штанги 130 МПа они среднелегированные.

Штанги 98 МПа - это мера штанг, то есть предел прочности по паспорту. Если превышение этих нагрузок идет, то она рвется, то есть уже сверх паспорта характеристики не эффективны и не рекомендуют использовать в пограничных условиях.

Выводы

Основными причинами обрывов насосных штанг являются:

Некачественный ремонт насосных штанг (отсутствие дефектоскопии);

Нарушение целостности штанг при транспортировке, складирования. Нарушения бригад текущего и капитального ремонта скважин при спуско-подъемных операциях НШ, складировании и транспортировки.

Рекомендации

Для снижения количества обрывов штанг по причине некачественной транспортировки и хранения насосных штанг, проработать вопрос изготовления и передачи контейнеров для транспортировки насосных штанг в трубную базу и при проведении текущего и капитального ремонта скважин в бригады нефтегазовой организации;

Произвести замену ремонтного фонда старых насосных штанг из стали 15ХГН2МФ (98 МПа) (скол легированные) на новые штанги повышенной прочности из стали 30ХГН2МФ (130 МПа) (среднелегированные);

Инспекцию насосных штанг проводить с дефектоскопом;

Вести учет наработки фонда насосных штанг на трубной базе (общая наработка, количество СПО (спуско-подъемная операция), количество циклов ремонта. Проработать вопрос о возможности маркировки каждой штанги (аналогично с НКТ);

Активировать нарушения каждой спуско-подъемной операции насосных штанг при текущем и капитальном ремонте скважин.

Для снижения воздействия коррозии на фонде скважин ПЦО (циклической закачке пара) необходимо продолжить применять штанги из среднелегированной стали (металл менее подвержен коррозии при повышенной температуре), а также для повышения прочностных характеристик использовать штанги повышенной прочности, какими и являются новые штанги марки стали 30ХГН2МФ (130 МПа).

С 2019 г. в ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз» внедряются ПШСНГ (гидравлические приводы штанговых скважинных насосов), которые позволяют вести контроль работы скважины и состояние колонны насосных штанг в режиме реального времени. При возникновении обрыва или отворота насосных штанг (по различным причинам, в том числе коррозии насосных штанг) в течении 10 минут с гидропривода поступает сигнал в программу об изменении параметров работы, что позволяет оперативно выявить скважины с отказавшим оборудованием, по сравнению с верхним приводом скважинного насоса.

Гидроприводами оснащаются скважины, в первую очередь, имеющие больше осложнений (коррозия, обводненность).

Библиографический список:

1. ГОСТ 31825-2012 «Штанги насосные, штоки устьевые и муфты к ним»;
2. ГОСТ 22235-2010 «Вагоны грузовые магистральных железных дорог»;
3. ГОСТ 4543-2016 «Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия»;
4. ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные положения
5. Д. А. Анализ опыта лабораторных исследований металлов при помощи пассивных методов неразрушающего контроля / Д. А. Борейко, И. Ю. Быков, Д. Ю. Сериков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 5(341). – С. 19-23.



СЕКЦИЯ 8. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

УДК 006.91

Аттестация испытательного оборудования на примере термостата ВТ20

Фоменко Д. Д.

Научный руководитель – Мучкинова Л. И.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Оценка качества продукции, подтверждение ее соответствия осуществляется по результатам ее испытаний с применением современного испытательного оборудования (далее – ИО), предназначенного для воспроизведения условий испытаний.

ИО – это средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний [2].

В процессе работы испытательных лабораторий, применяемое испытательное оборудование подлежит процедуре аттестации в соответствии с нормативными требованиями, в результате которой определяется его пригодность к применению при проведении испытаний.

Аттестации подлежит только испытательное оборудование. Если оборудование используется в технологическом процессе производства продукции, оно не является испытательным и аттестации не подлежит. Такое оборудование должно регулярно подвергаться проверке на технологическую точность [3].

Аттестацию ИО проводят согласно ГОСТ 8.568-2017 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения», где указаны основные положения и порядок проведения аттестации ИО, а также порядок разработки программы и методики аттестации ИО [1].

Основной целью аттестации ИО является подтверждение характеристик ИО и возможности воспроизведения условий испытаний продукции или определенных видов испытаний в заданных пределах с допускаемыми отклонениями и установление пригодности использования ИО в соответствии с его назначением.

Основные этапы аттестации испытательного оборудования:

1. Подготовка. На данной стадии подготавливают испытательное оборудование и помещение, в котором будет проходить аттестация.

2. Испытания. Экспериментальная часть составляет основной этап аттестации. Испытательное оборудование в контролируемом и безопасном режиме воспроизводит реальные условия, в которых предстоит работать проверяемому оборудованию, демонстрирует реальные значения определяемых характеристик.

3. Оформление. После окончания экспериментальной части на основании полученных данных представители комиссии фиксируют полученные значения в протоколе мероприятия. В протоколе указывают марку и модель исследуемого испытательного оборудования, метод исследования, экспериментальные условия и снятые значения характеристик, а также персональный состав комиссии. В конце формулируется вывод о прохождении или непрохождении устройством аттестации и, соответственно, о его пригодности или непригодности к применению, а также выдается аттестат.

Различают первичную, периодическую и повторную аттестации ИО.

Первичная аттестация – подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допускаемых отклонений при вводе в эксплуатацию ИО.

Для проведения первичной аттестации испытательного оборудования заказчиком назначается комиссия. В состав комиссии включают:

- Руководителя испытательного подразделения, где используется аттестуемое оборудование – председателя комиссии;
- Специалиста, непосредственно проводящего испытание на аттестуемом оборудовании – члена комиссии;
- Ответственного представителя организации за метрологическое обеспечение – члена комиссии.

Обязанности между членами комиссии распределяет ее председатель.

Заказчик представляет испытательное оборудование на первичную аттестацию с технической документацией, техническими средствами и программным обеспечением испытательного оборудования.

В состав представляемой технической документации входят:

- эксплуатационный документ по ГОСТ 2.601-2019 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы», включая формуляр при его наличии (для импортного оборудования – эксплуатационный документ фирмы - изготовителя, переведенный на русский язык);
- методика и программа аттестации испытательного оборудования;
- документация на средства измерения (далее – СИ), технические системы и устройства с измерительными функциями, стандартный образец, программное обеспечение испытательного оборудования, вещества и материалы, используемые при аттестации и входящие (при наличии на них отдельной документации) в состав испытательного оборудования.

В состав представляемых технических средств входят:

- полный комплект испытательного оборудования со всеми вспомогательными техническими устройствами (транспортными, грузоподъемными, генерирующими, регистрирующими и т. п.), веществами и материалами (реактивами и т. п.);
- необходимое количество требуемых для аттестации образцов (или проб) объекта испытаний;
- СИ, стандартный образец и другие технические устройства, используемые во время первичной аттестации, с элементами крепления на ИО, электрическими и информационными кабелями и др.;
- СИ, применяемые для контроля условий окружающей среды.

Результаты первичной аттестации оформляют протоколом, который подписывают председатель и члены комиссии.

При положительных результатах первичной аттестации на основании протокола первичной аттестации исполнителем оформляется аттестат, а на ИО наносят знак (бирку, наклейку и т. п.) с указанием даты проведения первичной аттестации испытательного оборудования и даты следующей периодической аттестации ИО. Отрицательные результаты первичной аттестации указывают в протоколе.

Периодическая аттестация ИО проводится в процессе эксплуатации через интервалы времени, установленные при первичной аттестации.

Периодическую аттестацию испытательного оборудования в процессе его эксплуатации проводят сотрудники испытательной лаборатории, которые применяют данное ИО, уполномоченные руководителем лаборатории для выполнения данных работ и представители предприятия, ответственные за метрологическое обеспечение, по согласованию с руководством предприятия.

Результаты периодической аттестации испытательного оборудования оформляют протоколом. Протокол с результатами периодической аттестации подписывается лицами ее проводившими, утверждает протокол руководитель предприятия.

При положительных результатах периодической аттестации в эксплуатационный документ (формуляр, паспорт или др.) вносят соответствующую запись, а на ИО наносят знак (бирку, наклейку и т. п.) с указанием даты проведенной аттестации и даты последующей периодической аттестации. Отрицательные результаты периодической аттестации ИО указывают в протоколе.

Повторная аттестация – внеплановая (внеочередная) аттестация ИО, вызванная необходимостью проверки нормированных характеристик до наступления срока периодической аттестации.

Повторная аттестация проводится в результате ремонта, модернизации, после внесения изменений в метрологически значимую часть программного обеспечения; при получении отрицательных результатов первичной аттестации; при ухудшении качества выпускаемой продукции, вызванном несоответствием характеристик испытательного оборудования требуемым; по указанию представителей государственных надзорных органов.

При положительных результатах повторной аттестации выдается аттестат, на оборотной стороне которого указываются сведения о предыдущем аттестате (номер аттестата, дата его выдачи, кем выдан). На оборотную сторону ранее выданного аттестата вносится запись о прекращении его действия с указанием даты, начиная с которой действие данного аттестата прекращается. Сведения на оборотной стороне аттестатов заверяются подписью и печатью исполнителя, выполнившего повторную аттестацию.

Аттестацию ИО проводят согласно действующим документам на методики аттестации конкретного оборудования. Программа и методика аттестации часто не изложены в эксплуатационных документах. Разработкой программы аттестации (далее – ПА) и методики аттестации (далее – МА) занимаются специалисты метрологических служб.

Разработку и утверждение ПА и МА осуществляют в следующей последовательности [1]:

1. Разработка проектов ПА и МА (возможен объединенный документ);
2. Проведение метрологической экспертизы проектов ПА и МА;
3. Согласование и утверждение ПА и МА.

Программа и методики аттестации оформляются в одном экземпляре и подлежат метрологической экспертизе, подписываются разработчиком, руководителями подразделений, обслуживающих и эксплуатирующих ИО, далее утверждается директором по качеству, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Разделы программы и методики аттестации.

	Программа аттестации	Методика аттестации
Разделы, содержащиеся в документации	<ul style="list-style-type: none"> - объект аттестации; - цели и задачи аттестации; - общие положения; - объем аттестации; - условия и порядок проведения аттестации; - информация о МА ИО; - материально-техническое и метрологическое обеспечение аттестации; - требования к отчетности; - приложения. 	<ul style="list-style-type: none"> - общие положения; - оцениваемые характеристики и расчетные соотношения; - порядок проведения аттестации; - обработка, анализ и оценка результатов аттестации; - средства измерений, применяемые при аттестации; - требования к отчетности.

В зависимости от особенностей аттестуемого испытательного оборудования допускается объединять или исключать отдельные разделы, а также включать дополнительные разделы.

Взяв в качестве примера аттестации ИО термостат жидкостный серии МАСТЕР ВТ20-21 (далее – термостат), можно наглядно продемонстрировать процесс аттестации.

На основании ГОСТа 8.568 выполнение испытания проходит согласно следующим операциям:

1. Выбор СИ. СИ должны быть исправны, иметь действующие свидетельства о поверке и подходить по классу точности или погрешности. СИ, которые использовались для проведения аттестации термостата, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений, используемые для проведения аттестации.

Наименование	Тип	Класс точности или погрешность
Термогигрометр	ИВА-6АР	$\pm 2\%$ $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Термометр электронный лабораторный	ЛТ-300Н	$\pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$
Мультиметр	В7-84	$\pm 0,5\%$
Секундомер механический	СОПр-2а-2-010	КТ 2

2. Выбор координат точек для размещения СИ и объекта испытания, в соответствии с требованиями методики выполнения измерений (далее – МВИ).

3. Подготовка СИ в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

4. Размещение СИ в выбранных точках в соответствии с технической документацией на используемые СИ, и также требованиями МВИ.

5. Подготовка вспомогательного оборудования и приспособлений в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

6. Внешний осмотр. В данную операцию входит проверка соответствия внешнего вида термостата с эксплуатационной документацией (далее – ЭД), соответствие комплектности термостата ЭД, наличие свидетельств (клейм) о поверке СИ, входящих в комплект термостата (или используемых дополнительно), удостоверяющих их пригодность. Результаты внешнего осмотра представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты внешнего осмотра с выводом о соответствии или несоответствии эксплуатационных документов.

Комплектность	Комплектность соответствует технической документации
Отсутствие повреждений	Внешние дефекты и механические повреждения отсутствуют
Функционирование узлов, агрегатов	Неисправность органов управления и индикации отсутствуют
Наличие поверки (калибровки) входящих в состав ИО СИ	Входящие в состав ИО СИ отсутствуют

7. Контроль условий окружающей среды и параметров электропитания при проведении аттестации. Условия проведения аттестации представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Условия проведения аттестации.

Условие	Нормируемые значения	Измеренные значения
Температура окружающей среды, °C	От 10 до 35	23,2
Относительная влажность воздуха, %	От 30 до 80	30,2
Напряжение питающей электрической сети, В	220±22	228,6
Частота питающей сети	50±1,0	49,84

Из таблицы видно, что измеренные значения окружающей среды, а также параметр электропитания входят в диапазон нормируемых значений, следовательно, дальнейшие действия аттестации термостата проводить можно.

8. Опробование.

Данная операция включает в себя проверку возможности включения, выключения и функционирования термостата, работоспособности работы блока регулирования.

9. Проведение испытания.

В контрольной точке по образцовому термометру фиксируется значение температуры теплоносителя в рабочем пространстве ванны (начальное значение), далее через равные промежутки времени фиксируют еще пять значений.

Так как длительность проведения испытания в МВИ не установлена был выбран интервал времени через каждые 6 минут, значения температуры заносятся в таблицу результатов (таблица 5).

10. Обработка результатов измерений.

По шести значениям температуры теплоносителя в рабочем пространстве ванны определяют среднее значение контролируемого параметра, определяют отклонение среднего значения от заданного МВИ. Проводят сравнение фактически полученных отклонений с допустимыми.

Погрешность поддержания заданной температуры следует определять по формуле:

$$\varphi = |t' - tz|, \quad (1)$$

где, φ – погрешность поддержания заданной температуры, °C ;

t' – среднее арифметическое значение температуры согласно показаниям контрольного термометра, установленного в рабочей ванне термостата, °C ;

tz – заданное значение температуры, °C .

Среднее арифметическое значение температуры определяется по формуле:

$$t' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ti \quad (2)$$

где, i – номер измерения;

n – число измерений;

ti – значение температуры при i - м измерении, °C .

По значениям температуры, согласно показаниям эталонного термометра, было найдено среднее значение с помощью формулы (2):

$$t' = \frac{50,5 + 50,52 + 50,43 + 50,59 + 50,52 + 50,5}{6} = 50,49^{\circ}\text{C}$$

Погрешность поддержания заданной температуры рассчитаем по формуле (1):

$$\varphi = |50,49 - 50,00| = 0,49^{\circ}\text{C}$$

Фактическая погрешность $\varphi = 0,49^{\circ}\text{C}$, допустимая $\varphi' = \pm 1^{\circ}\text{C}$, $\varphi \leq \varphi'$, следовательно, термостат соответствует требованиям, представленным в МВИ. Результаты расчета погрешности приведены в таблице 5

Таблица 5 – Результаты определения погрешности поддержания температуры в рабочей ванне термостата.

Период времени, мин*	Значение темп., согласно показаниям эталонного термометра, °C	Заданное значение tz , °C	Заданное значение t' , °C	Погрешность поддержания температуры, °C		Вывод о соответствии (не соответствии)
				Факт.	Допуск.	
0'	50,50	50,0	50,49	0,49	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$	Соответствует
6'	50,52					
12'	50,43					
18'	50,49					
24'	50,52					
30'	50,50					

*Длительность проведения испытания в МВИ не установлена.

11. Оформление результатов аттестации.

Результаты аттестации оформляют протоколом. Форма протокола приведена в методике аттестации.

После проведения испытания и обработки его результатов комиссия выносит свое заключение:

Экземпляр испытательного оборудования отвечает требованиям документов и на основе результатов испытаний признано пригодным для использования при воспроизведении условий испытаний.

12. Определение срока периодичности аттестации.

Комиссия установила периодичность аттестации ИО 24 месяца.

Выводы.

Таким образом, в работе рассмотрены цели и этапы проведения аттестации испытательного оборудования, требования к методике и программе аттестации, а также проанализировано выполнение испытания термостата.

Испытательное оборудование, используемое на предприятиях в настоящее время, является современным и передовым оборудованием. Поэтому, необходимо точно, качественно и своевременно проводить работы по его аттестации, так как аттестация ИО является важной процедурой, направленной на обеспечение качества и безопасности выпускаемой продукции.

Список использованной литературы:

1. ГОСТ 8.568-2017. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения : нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 29 декабря 2017 г. N 2121-ст : дата введения 2018-08-01. (Государственная система обеспечения единства измерений) // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158321> (дата обращения: 18.02.2024).

2. ГОСТ Р 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения: межгос. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 декабря 1981 г. N 5297 : дата введения 1982-01-01. (Система государственных испытаний продукции) // Кодекс : электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005367> (дата обращения: 18.02.2024).

3. Аттестация испытательного оборудования. Д.А. Насковец Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия. eLibrary.ru: научная электрон. библиотека. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38546779_38510568.pdf (дата обращения: 18.02.2024).

УДК 006.91:061.2/.4

Роль разработки методики калибровки теплотехнических средств измерений

Котова Л. Р.

Научный руководитель – Клишев М. Н.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Проверка соответствия средств измерений - проблема, которая возникла еще в России. Сегодня эту процедуру специалисты называют «поверкой», но откуда взялось это странное слово? Слово «поверка» имеет общую этимологию со словом «верить»: верить - быть истинным, законным. В России верификация существует давно. В указе кабинета императрицы Анны Иоанновны 1735 года записано следующее: «назначить верные весы, проверять их на монетном дворе и два раза в год выдавать одни из них, опечатанные на монетном дворе, для поверки других весов». С начала времен Анны Иоанновны дело постепенно расширялось, и к 1917 году в крупных городах России было создано 20 поверочных палаток под руководством Менделеева для поверки мер и весов, а из поверочных палаток формировались специализированные железнодорожные вагоны для обслуживания отдаленных от крупных городов районов [1]. В советское время точность приборов предприятий обеспечивалась отраслевой поверкой. Соответствующие министерства отвечали за обеспечение поверки средств измерений своих подведомственных предприятий. Список поверяемых средств постоянно расширялся. Задача состояла в том, чтобы охватить все средства измерений государственной и ведомственной поверкой.

В европейских странах, как и в России, существует государственный контроль над социально значимыми отраслями промышленности. Важные для каждого жителя страны средства измерения, такие как весы, чаши для взвешивания, манометры для измерения давления в шинах, также подлежат поверке. Однако задача поверки всех измерительных приборов в Европе не выполняется уже давно. Измерительные приборы становятся все более точными, и западная метрология перешла на обслуживание более современных средств измерений. Долгое время средства измерений в государственных секторах западных стран были гораздо менее совершенны, чем в промышленности, и промышленность сама заботилась об их развитии. Рабочие средства измерений на предприятиях стали приближаться к эталону.

Научное сообщество было заинтересовано в достижении единообразия в сложной области измерительных приборов. В центре внимания была не национальная верификация, а глобальная поддержка и признание компетентности в области калибровки. Взаимное признание компетентности в области калибровки строится на двух основах:

Первая - это система качества ISO/IEC 17025 (общие требования к испытательным и калибровочным лабораториям);

Вторая - доказанная прослеживаемость к первичным эталонам. Первичные эталоны признаются путем сличения.

С началом перестройки в России многие компании стали меньше зависеть от государственных ведомств и потребовалась иная система управления качеством измерений. В настоящее время эта проблема регулируется федеральным законом № 102 «Об обеспечении единства измерений» [2]. Этот закон устанавливает, что обязательная поверка осуществляется в сфере государственного регулирования и что проводить поверку могут только аккредитованные организации. В настоящее время в России поверку осуществляют семь метрологических институтов, 105 национальных региональных центров стандартизации, метрологии и испытаний (ЦСМ) и более 1 500 метрологических лабораторий, аккредитованных на право поверки.

Общеизвестно, что метрология - международная наука. Метрология создана для сотрудничества и развивается исключительно через сотрудничество. С 1999 года в нашей стране ведется работа по гармонизации с разработанным стандартом ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 [3]. Она успешно ведется на уровне крупных организаций. Около 100 калибровочных лабораторий в России соответствуют ГОСТ ISO/IEC 17025-2019, но необходимо увеличить количество ведомственных лабораторий, начиная с ЦСМ, и обеспечить соответствие российских метрологических институтов мировому стандарту. Это крайне важно для повышения качества российской промышленности и экспорта.

Несомненно, разработка методики калибровки теплотехнических средств измерений является важным этапом в обеспечении точности и надежности измерений в области теплотехники. Роль разработчики методики калибровки заключается в определении всех необходимых шагов и процедур для проведения калибровки, а также в установлении требований к точности и воспроизводимости измерений [4]. Это связано как с новыми требованиями законодательства и национальных стандартов, так и с ростом «метрологической дисциплины» на предприятиях. Поэтому учреждениям и организациям, внедряющим эти процедуры, необходимо внедрять новые процедуры калибровки. Одной из основных трудностей при внедрении является отсутствие процедур калибровки для большинства средств измерений. С другой стороны, процедура калибровки существует практически для всех средств измерений утвержденного типа (а это подавляющее большинство средств измерений, используемых в стране). Разработка процедуры калибровки «с нуля» - очень трудоемкий и ресурсоемкий процесс, а поскольку процедуры поверки и калибровки весьма схожи по принципу действия, возникает вопрос о возможности разработки процедур калибровки на основе процедур поверки. В процессе разработки методики калибровки необходимо учитывать специфику измеряемых параметров, характеристики измерительных приборов и условия проведения измерений. Важно также учесть возможные погрешности и их источники, чтобы обеспечить достоверность результатов. Для этого необходимо учесть основные различия между этими методами и определить характер изменений, которые необходимо внести.

Разница в процедуре заключается в том, что при поверке определяется соответствие характеристик средства измерений заданным значениям, а при калибровке - действительные значения метрологических характеристик средства измерений. Таким образом, поверка - это вид оценки соответствия, а калибровка - метод получения измерительной информации. Поверка имеет более высокий статус, чем калибровка, и включает в себя процедуры, предусмотренные для калибровки. Калибровка же является более информативной процедурой, позволяющей получить достоверную информацию о действительных значениях метрологических характеристик средства измерений. Эта информация позволяет оценить техническое состояние средств измерений и, отслеживать изменения отдельных характеристик во времени, прогнозировать изменения состояния средства измерений, в частности, возникновение отказов и других критических состояний. Это позволяет отремонтировать оборудование или приобрести новое, не дожидаясь отказа.

Калибровка выполняется добровольно пользователем прибора и поэтому не имеет срока годности она выполняется, когда точность или неопределенность измерения влияет на достоверность регистрируемого результата или, когда калибровка прибора необходима для обеспечения метрологической прослеживаемости регистрируемого результата. В отличие от калибровки, поверка является обязательной, и ее процедура не включает оценку неопределенности. Поверка имеет определенный период. Перед вводом в эксплуатацию и после ремонта средства измерений подвергаются первичной поверке, а в эксплуатации - периодической поверке. Обязательная периодическая поверка должна проводиться при повреждении поверительных клейм или пломб на средствах измерений, а также после ремонта, юстировки или ввода средства измерений в эксплуатацию после длительного хранения.

Методы поверки не дают достаточных данных для калибровки, т.е. для расчета неопределенности. Для этого требуется серия измерений (не менее четырех измерений), что обычно не требуется для методов поверки. В процедурах поверки методы поверки могут иметь строгие требования, такие как разрядность, классы точности и т.д., которые не являются необходимыми для калибровки средств измерений. Основным требованием к калибровке является использование эталонов и стандартных образцов, прослеживаемых при калибровке до национальных первичных эталонов Российской Федерации или, при их отсутствии, до национальных эталонов других стран.

Процедуры поверки имеют значения границы допусков, и если результат находится в этих пределах, то средство измерений считается годным, на него наносится знак поверки (по заявлению обладателя СИ), делается соответствующая запись в документации и ФИФ «Аршин» или выдается свидетельство о поверке по установленной форме. Если по результатам поверки средство измерений признано непригодным к применению, то знак поверки и свидетельство о поверке аннулируются и оформляется извещение о несоответствии по установленной форме с соответствующей записью в документации. При калибровке определяются действительные значения, т.е. допуск отсутствует [4].

Содержание документа о калибровке (протокола) может варьироваться в зависимости от требований заказчика, включая исключение ненужных характеристик или включение дополнительных установленных характеристик, в то время как форма и содержание протокола поверки строго регламентированы нормативным документом Росстандарта. Очевидно, что основным «минусом» поверки является невозможность указать соответствие средства измерений после его применения, так как указываются только действительные значения. В зависимости от реальных условий эксплуатации это может быть и преимуществом. Метод поверки не определяет неопределенность измерений, выполняемых при поверке, поэтому невозможно в полной мере оценить, насколько достоверными могут быть выводы о соответствии средства измерений.

Таким образом, самое очевидное и простое решение о возможности калибровки по методике поверки, основанное только на том, что последняя включает в себя необходимые характеристики, подлежащие определению, и алгоритм выполняемой операции, нецелесообразно. В этом случае исчезнут все преимущества обеих процедур и останутся все их недостатки. Поэтому калибровочным организациям необходимо разрабатывать отдельную процедуру, полностью отвечающую требованиям этих процедур. Для оптимизации процедуры разработки калибровки за основу может быть взята соответствующая методика поверки. В этом случае оптимизация обычно заключается в изменении требований к оформлению и представлению результатов в дополнение к

требованиям к оценке неопределенности. При необходимости процедура калибровки может быть дополнена дополнительными определенными характеристиками. Результатом успешной разработки методики калибровки будет создание документа, содержащего подробное описание всех этапов и процедур калибровки, а также требования к оборудованию и условиям проведения измерений. Этот документ будет использоваться как руководство для специалистов, занимающихся калибровкой теплотехнических средств измерений, и обеспечит стабильность и надежность измерений в данной области.

Библиографический список:

1. Сергеев, А. Г. Метрология: история, современность, перспективы : учебное пособие / А. Г. Сергеев. - Москва : Университетская книга ; Логос. 2020. - 384 с.;
2. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс] : федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ. – Режим доступа : Справочно-правовая система КонсультантПлюс, <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=77904>;
3. ГОСТ ISO/IES 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»;
4. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <https://docs.cntd.ru/document/1200118303>;
5. К вопросу о разработке методики калибровки средств измерений / Ж. В. Овадыкова, К. С. Отев, Э. Х. Овадыков, С. А. Окладников // Естественные и технические науки. – 2020. – № 11(149). – С. 169-174.

УДК 681.1

Особенности контроля расхода нефти и нефтепродуктов на приемо-сдаточных пунктах

Отев К. С., Базарова А. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Мировой рынок нефти и нефтепродуктов сильно зависит от цен на нефть, которые определяются спросом и предложением на мировых рынках. Изменения цен на нефть могут оказывать значительное влияние на экономику многих стран, особенно на экспортно-импортные отношения. Многие страны, обладающие большими запасами нефти, используют ее в качестве основного источника дохода для бюджета. Крупные нефтедобывающие страны, такие как Россия, Саудовская Аравия, США, Китай и другие, имеют большое влияние на мировой рынок нефти. Россия является одним из крупнейших производителей нефти в мире и имеет огромные запасы этого сырья. Нефтяная промышленность играет важную роль в экономике страны, обеспечивая значительную долю экспортных доходов и приток инвестиций. Нефтяной комплекс также занимает важное место в бюджете страны, поскольку налоги с нефтяных компаний составляют значительную часть доходов государства. Благодаря высокой конкурентоспособности российской нефти на мировом рынке, экспорт этого сырья является значимым источником валютных поступлений. В целом, нефтяной комплекс России играет ключевую роль в экономике страны, обеспечивая ей стабильные доходы и влияя на различные сферы жизни населения.

В связи с этим вопросы коммерческого учета и метрологического обеспечения нефти и нефтепродуктов на всех этапах от добычи до реализации имеют большое значение и должны осуществляться на высоком техническом уровне в полном соответствии с действующим законодательством и требованиями нормативно-технической инфраструктуры Российской Федерации. Учет нефти и нефтепродуктов заключается в измерении массы или объема и показателей качества (плотности, содержания солей, содержания воды, механических примесей и других параметров), установленных нормативными документами. Основными методами измерений являются статические и динамические методы.

Статические измерения нефтепродуктов включают в себя определение уровня жидкости в резервуарах, цистернах и емкостях, а также контроль объема нефтепродуктов при их приемке или отгрузке. Для этого используют различные методы и приборы, такие как уровнемеры, датчики уровня, объемные счетчики, датчики давления и другие. Эти измерения необходимы для контроля запасов нефтепродуктов, определения объема поставки и расчета объема для налогообложения. Однако статические методы измерения имеют существенные недостатки. В частности, при перекачке больших объемов нефти и нефтепродуктов требуется большое количество резервуаров, автоматизация процесса измерения сложна, а для проведения измерений требуется большое количество обслуживающего персонала. Статические измерения в настоящее время используются в ограниченном объеме [2]. Сегодня большую популярность имеют динамические измерения, использующиеся в процессе добычи нефти и нефтепродуктов и их транспортировки по крупным трубопроводам на нефтеперерабатывающие заводы.

Динамические измерения нефтепродуктов - это процесс непрерывного мониторинга и измерения различных параметров нефтепродуктов в режиме реального времени. Эти параметры могут включать в себя уровень, давление, температуру, плотность, вязкость и другие характеристики нефтепродуктов. Динамические измерения помогают операторам управлять процессами более эффективно, минимизировать потери продукции и повышать общую производительность системы. Такие измерения могут осуществляться с помощью специализированных приборов и оборудования, таких как датчики, мониторы, счетчики и автоматизированные системы управления. Данные, полученные в результате динамических измерений, могут быть использованы для принятия решений, оптимизации процессов и обеспечения безопасности операций на месторождении или транспортном маршруте. Приборы для измерения расхода (ПИР) используются для измерения параметров потока, автоматизации процесса измерения, значительного снижения капитальных и эксплуатационных затрат и повышения точности измерений. Данные СИ входят в состав систем измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов (СИКН).

СИКН - это комплекс функционально интегрированных средств измерений, систем обработки информации (СОИ), технологического и другого оборудования, предназначенных для прямых или косвенных динамических измерений массовых и качественных показателей нефти и нефтепродуктов. Состав СИКН определяется на этапе технического задания [1].

Состав СИКН типизирован и в него обычно входят следующие элементы: блок фильтров (БФ), обеспечивающий требуемую степень фильтрации; блок измерительных линий (БИЛ), обеспечивающий входной и выходной коллекторы, соединительный коллектор с блоком поверки, расходомеры, измерители давления и температуры, запорная арматура, обеспечивающая требуемую производительность; блок измерения качества (БИК); устройство отбора проб; блок поверки (БУ); СОИ.

Метрологические характеристики СИКН в первую очередь зависят от метрологических характеристик расходомеров, входящих в состав СИКН, поскольку они вносят до 75 % общей погрешности СИКН. На практике в составе СИКН чаще всего используются следующие расходомеры: объемные, турбинные, кориолисовые и ультразвуковые [2].

Объемные расходомеры - это приборы, предназначенные для измерения объема рабочей жидкости или газа, проходящего через них. Объемные расходомеры могут быть основаны на различных принципах действия, таких как вращающиеся роторы, поршневые механизмы, вихревые или дифференциальные датчики давления. Благодаря своей точности и надежности, объемные расходомеры широко используются для контроля и учета расхода жидкости или газа в технологических процессах.

Турбинные расходомеры - это устройства, используемые для измерения расхода жидкости или газа в трубопроводе путем измерения скорости вращения турбины, которая находится в потоке среды. Турбинные расходомеры обычно состоят из вращающейся турбины, датчика скорости вращения и электронной системы для обработки полученных данных. Преимущества турбинных расходомеров включают высокую точность измерений, широкий диапазон измеряемых расходов, малое давление потерь и относительно низкую стоимость. Однако турбинные расходомеры имеют некоторые ограничения, такие как возможность засорения турбины или чувствительность к высоким температурам и давлению.

Кориолисовые расходомеры - это тип приборов для измерения потока жидкости или газа, основанных на явлении кориолисового вращения. Принцип работы кориолисовых расходомеров основан на измерении изменения частоты колебаний гибкой трубки, через которую пропускается поток среды. Перемещение среды вызывает изгиб трубки, что заставляет ее колебаться под воздействием внешней силы. Эти колебания затем измеряются и используются для определения расхода среды. Преимущества кориолисовых расходомеров включают высокую точность измерения даже при переменном потоке, широкий диапазон измеряемых расходов и устойчивость к внешним воздействиям. Однако, они могут быть более дорогими и сложными в установке и обслуживании по сравнению с другими типами расходомеров. Использование таких расходомеров предпочтительно, когда необходимо измерение массы продукта.

Ультразвуковые расходомеры - это приборы, которые используются для измерения потока жидкости или газа с помощью ультразвуковых волн. Они работают по принципу измерения времени прохождения ультразвукового сигнала через потоки жидкости или газа. Ультразвуковые расходомеры имеют высокую точность измерения, низкое энергопотребление. Ультразвуковые расходомеры имеют три, четыре или пять пар преобразователей, которые передают ультразвуковые волны в прямом и обратном направлении под углом относительно направления движения жидкости, протекающей по трубопроводу. Время прохождения сигнала, идущего по течению, меньше времени прохождения того же луча, идущего против течения. Эта разница во времени и есть величина объемного расхода.

Для обеспечения надежности измерений расходомеров жидкости, используемых в СИКН, необходимо проводить поверку в рабочих условиях [1]. Это связано с тем, что многие факторы (плотность, вязкость, температура и т.д.) влияют на метрологические характеристики расходомеров жидкости и не могут быть точно воспроизведены в лабораторных условиях.

Рассмотрим некоторые факторы, воздействующие на СИ расхода жидкости:

1. Температура жидкости. Все детали расходомера, контактирующие с измеряемой жидкостью, принимают температуру этой жидкости, тем самым изменяя свои размеры. В зависимости от типа расходомера температура по-разному влияет на характеристики измерения. Для повышения точности измерения расхода, если существует значительная разница температур между предыдущими условиями калибровки и рабочими условиями, следует провести новую калибровку в этих условиях.

2. Плотность жидкости. Работа объемных расходомеров не зависит от изменения плотности измеряемой жидкости. Турбинные расходомеры очень чувствительны к изменениям плотности, особенно при низких расходах и плотностях. Большинство кориолисовых расходомеров требуют обнуления при изменении плотности измеряемой жидкости.

3. Вязкость жидкости. Объемные расходомеры характеризуются линейной характеристикой при измерении жидкостей с высокой вязкостью. Турбинные расходомеры обычно имеют более широкий рабочий диапазон при измерении жидкостей с низкой вязкостью.

4. Скорость жидкости. Объемные и турбинные расходомеры меняют свои измерительные характеристики в зависимости от скорости, протекающей через них жидкости. Однако объемные расходомеры менее чувствительны к изменениям скорости потока, чем турбинные. Кориолисовые расходомеры демонстрируют свои лучшие измерительные характеристики при почти максимальном расходе.

5. Износ и механические повреждения. Объемные и турбинные расходомеры имеют подвижные и фрикционные детали (роторы, лопасти и турбины). Со временем эти детали изнашиваются. Это приводит к значительному ухудшению линейности метрологических характеристик. Кориолисовые расходомеры особенно чувствительны к нагрузкам, передаваемым через измерительный трубопровод, которые также влияют на метрологические характеристики расходомера.

6. Давление в измерительной линии. Большие изменения давления в линии могут изменить размеры корпуса расходомера и повлиять на характеристики измерения, но этот эффект незначителен. Большинство кориолисовых расходомеров компенсируются давлением, так как при повышении давления трубка расширяется.

7. Иные факторы. Измерительные характеристики расходомеров эффективны для «идеальных» условий. Такие расходомеры, как турбинные и ультразвуковые, измеряют скорость потока и поэтому очень чувствительны к гидродинамике, а значит, и к конфигурации трубопровода. Еще одним фактором, сильно влияющим на производительность расходомеров, является кавитация, влияние которой может быть устранено путем введения ограничений по давлению.

Таким образом, для минимизации влияющих факторов, необходимо в парке средств измерений иметь трубопоршневую поверочную установку (ТПУ). ТПУ имеет следующие преимущества перед другими средствами поверки: возможность поверки в полевых условиях, поверка при больших расходах и полная автоматизация процесса поверки. При поверке средств измерения расхода в полевых условиях можно определить соотношение между известным стандартным объемом и объемом, измеренным поверяемым прибором. Используя это соотношение как множитель результата измерения, можно определить объем жидкости, протекающей через прибор. В связи с этим поверка и определение объема самого ТПУ является очень важной задачей.

Библиографический список.

1. Отев, К. С. К вопросу совершенствования системы измерения количества и показателей качества нефти / К. С. Отев, Л. И. Мучкинова // Наука, технологии, общество - НТО-2021. – Красноярск, 2021. – С. 41-46.
2. Калиниченко, А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / [Текст]: А.В. Калиниченко, Н.В. Уваров, В.В. Дойников. - М.: ИнфраИнженерия, 2008. - 576 с.
3. Лиджиев, Б. С. Оценка неопределенности измерений при проведении калибровки резервуаров вертикальных стальных / К. С. Отев, А. М. Базарова, Б. С. Лиджиев // Севергеоэкотех-2022 : Материалы XXIII Международной молодежной научной конференции, Ухта, 16–18 марта 2022 года. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2022. – С. 341-344.

УДК 005.6

Управление качеством цепями поставок на основе модели всеобщего управления качеством TQM

Печенко Н. С., Отев К. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Управление качеством в цепочке поставок требует постоянного внимания и усилий для повышения конкурентоспособности компании и удовлетворения потребностей клиентов. В современных условиях жесткой конкуренции на глобальном рынке поставок компании не могут быстро реагировать на спрос, используя традиционные операционные механизмы. В результате появление механизмов управления цепочками поставок как одного из видов операционных механизмов стало необходимостью времени и обстоятельств. В условиях цепочки поставок большинство предприятий, особенно крупных и стабильных, становятся все более зависимыми от своих поставщиков. Качество продукции и производственных процессов, предоставляемых поставщиками, оказывает значительное влияние на качество конечной продукции материнских предприятий.

Модель TQM (Total Quality Management) – это подход к управлению качеством, который включает в себя участие всех уровней и сотрудников организации в процессе обеспечения качества продукции или услуг. TQM стремится к непрерывному улучшению качества, удовлетворению потребностей клиентов, устранению потерь и повышению эффективности процессов [1]. Ключевые принципы TQM включают фокус на клиента, участие сотрудников, процессный подход, непрерывное улучшение и фактические данные для принятия решений. Этот подход может быть успешно применен в различных отраслях и организациях для достижения высоких результатов в области качества и удовлетворения клиентов. На сегодняшний день наблюдается тенденция смещения современных практик TQM с предприятия на цепи поставок. Не только высокое качество продукции и услуг, но и высокий уровень контроля качества всей системы поставок обеспечивает конкуренцию на перспективу.

В работе рассматривается применение восьми современных принципов TQM в цепи поставок организации по оказанию услуг в области железнодорожного транспорта и комплектующих (поставка, ремонт, аренда, эксплуатация и т.д.).

Процессный подход. Процессный подход - это метод управления, который заключается в организации работы компании в виде цепочки процессов, направленных на достижение общих целей и задач организации. Этот подход позволяет более системно и эффективно управлять бизнес-процессами, выявлять узкие места и потенциальные улучшения, повышать эффективность деятельности компании. Процессный подход подразумевает выделение основных бизнес-процессов, определение ролей и функций участников процессов, установление ключевых показателей эффективности и непрерывное улучшение процессов. Это позволяет компании быть более гибкой и адаптивной к изменяющимся условиям рынка и клиентских потребностей. На каждом этапе цепи поставок, есть много соответствующих процессов, таких как закупки, логистика, производство инвентарь, продажа, пост-гарантированное обслуживание и др. особенно сложный процесс, с учетом Российской действительности, ремонт и обслуживание подвижного состава. Иногда между целями и процедурами возникают конфликты. А проблем и вопросов возникает немало – от организационных и технологических до непосредственного общения с сотрудниками обслуживающими железную дорогу, и формой оплаты [3].

Лидерство. Эффективность управления качеством зависит от эффективности руководства, потому что качественные усилия могут получить реальный эффект только с признанием и поддержкой руководства. В условиях цепи поставок исследуемая организация учитывает потребности и ожидания других членов цепи поставок, устанавливает четкую, достижимую цель, поощряет лидеров TQM на каждом уровне цепи поставок.

Ориентация на потребителей. Ориентация на потребителей (клиентов) является основным принципом и идеей TQM, потому что качество работы зависит от потребностей клиента и заканчивается признанием клиентов, т.е. продажей продукции. В некоторых случаях сертификации закупок, публикуемые покупателями, неоднозначны, в то время как поставщики не осмеливаются вступать в спор с покупателями. Ориентация на потребителей предполагает анализ и понимание потребностей рынка, разработку продуктов и услуг, ориентированных на эти потребности, а также постоянное взаимодействие с клиентами для получения обратной связи и улучшения качества продукции. Преимущества ориентации на потребителей включают увеличение конкурентоспособности компании, сокращение затрат на маркетинг и рекламу за счет повышения лояльности клиентов, а также создание долгосрочных отношений с клиентами. В управлении цепями поставок также эффективны некоторые традиционные инструменты TQM. Например, в исследуемой организации применяются QFD, т.е. развертывание функции качества – для определения различных и потенциальных потребностей и предпочтений пользователей, диаграммы Исикавы – для исследования факторов, влияющих на уровень удовлетворенности клиентов, а затем используются диаграммы Парето для определения ключевых факторов.

Взаимодействие работников. Взаимодействие работников в рамках TQM играет ключевую роль в успешной реализации этой стратегии управления качеством. Работники должны быть готовы к сотрудничеству, обмену идеями и информацией, а также к взаимодействию в процессе непрерывного улучшения качества продукции или услуг. Для эффективного взаимодействия работников в рамках TQM необходимо [2]:

- Установить коммуникационные каналы. Коммуникация должна быть открытой, прозрачной и эффективной. Работники должны иметь возможность общаться между собой и с руководством без препятствий.
- Создать условия для совместной работы. Работники должны иметь возможность работать сообща, обмениваться идеями и опытом, чтобы совместно решать проблемы и улучшать процессы.
- Организовать обучение и развитие. Работники должны иметь возможность повышать свою квалификацию, учиться новым методам и технологиям, чтобы быть более эффективными в своей работе.
- Поощрять сотрудничество. Руководство должно поощрять сотрудничество среди работников, стимулировать их к совместной работе и достижению общих целей.

- Формировать единую цель. Все работники должны понимать и разделять общую цель качества и быть готовыми работать вместе для ее достижения.

В целом, взаимодействие работников в рамках TQM играет важную роль в создании инфраструктуры для успешного внедрения этой стратегии управления качеством и обеспечивает эффективное функционирование организации в целом.

Системный подход к управлению. Системный подход к управлению является современным подходом, который предполагает рассмотрение организации как сложной системы, состоящей из различных элементов, взаимодействующих между собой. Основные принципы системного подхода к управлению включают в себя:

- Рассмотрение организации как системы, состоящей из подсистем, взаимодействующих между собой.

- Учет взаимосвязей и взаимодействий между элементами системы.
- Анализ системы в целом, а не по отдельности взятых ее компонентов.
- Управление процессами и потоками информации внутри системы.
- Учет внешней среды и воздействия на организацию.

Системный подход к управлению помогает компаниям более эффективно и эффективно управлять своей деятельностью, учитывая все аспекты и факторы, влияющие на ее работу. Он позволяет видеть картину в целом, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения, основанные на анализе всех аспектов деятельности организации.

Постоянное улучшение. Для постоянного улучшения в TQM используются такие инструменты, как качественное планирование, контроль качества, улучшение процессов, обучение сотрудников и системы стимулирования. Важная часть TQM - это измерение качества и постоянное анализирование результатов, чтобы определить проблемные зоны и возможности для улучшения. Постоянное улучшение также способствует повышению эффективности работы, снижению издержек и улучшению удовлетворенности клиентов. В этой области организация отслеживает возникающие проблемы и после тщательного анализа со стороны руководства, предпринимает необходимые корректирующие и предупреждающие действия для предотвращения проблем, таких как своевременный и качественный ремонт вагонов и локомотивов, оперативный ремонт в случае отцепки, своевременное предоставление запасных частей [1].

Принятие решений, основанное на свидетельствах. Принятие решений предполагает использование данных и фактов, собранных в рамках системы управления качеством. Это подход помогает принимать обоснованные и эффективные решения, основанные на объективной информации. Процесс принятия решений на основе свидетельств TQM включает в себя следующие шаги:

- Сбор данных и фактов. Анализируются данные о качестве продукции или услуг, процессах производства, удовлетворенности клиентов и другие данные, необходимые для принятия решения.

- Анализ данных. Проводится анализ собранных данных с целью выявления причин проблем и несоответствий, а также определения возможных вариантов решения.

- Принятие решения. На основе анализа данных принимается обоснованное и эффективное решение, которое будет способствовать улучшению качества продукции или услуг.

- Реализация решения. Разрабатывается план действий по внедрению выбранного решения, проводятся необходимые мероприятия и контроль за их выполнением.

- Оценка результатов. Проводится анализ результатов внедрения решения с целью выявления эффективности действий и необходимости корректировки стратегии управления качеством.

Принятие решений на основе свидетельств TQM способствует повышению эффективности бизнес-процессов, улучшению качества продукции или услуг и повышению удовлетворенности клиентов. Данный подход позволяет компаниям оперировать на основе фактов и данных, а не на основе предположений и интуиции, что способствует достижению успешных результатов.

Взаимовыгодные отношения с поставщиком. Организация напрямую работает с владельцами вагонов и поездов и располагает проверенной базой данных грузовладельцев

железнодорожных вагонов, что позволяет максимально сократить время поиска необходимого подвижного состава и одновременно обеспечить соблюдение требований ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава». Система управления и комплексная система оценки поставщиков способствуют укреплению взаимовыгодных партнерских отношений с поставщиками.

Поэтому суть конкурентного преимущества заключается не только в контроле качества продукции или процесса, но и в контроле эффективности всей цепочки поставок. Следовательно, создание системы управления качеством цепочки поставок, основанной на философии управления ISO 9000, будет способствовать участию и управлению качеством всех участников цепочки поставок.

Библиографический список:

1. Абламский, Д. Н. Всеобщее управление качеством (TQM), его всеобщий контроль качества (TQC), управление качеством в масштабах компании (CWQC) / Д. Н. Абламский, В. А. Родионов // Приднепровский научный вестник. – 2022. – Т. 4, № 11. – С. 24-27.
2. Бакинова, Т. Д. Модель управления качеством, основанная на принципах всеобщего управления качеством / Т. Д. Бакинова, Б. Х. М. Нактанов, А. Б. Хардыев // Экономический рост: управление и организация. – Элиста: КГУ им. Б.Б. Городовикова, 2022. – С. 139-142.
3. Холмс К. Тотальное управление качеством. Перевод с английского.- М.: издательство МГУП, 2000.

УДК 53.089.6

Сравнительный анализ метода автоматизированной поверки и калибровки теплотехнических средств измерений

Пухова Е. И., Кочкин Н. В.

Научный руководитель – Овадыкова Ж. В.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В настоящее время все чаще стоит вопрос о необходимости повышения производительности труда, иными словами, переход от ручного труда к автоматизированному. На основании этой проблемы был создан национальный проект «Производительность труда», разработанный в рамках стратегии развития экономики России, направленный на увеличение эффективности труда и повышение конкурентоспособности отечественной промышленности [1]. В рамках этого проекта предусмотрены меры по модернизации производственных процессов, внедрению новых технологий и повышению квалификации рабочей силы. Ключевые цели проекта включают в себя увеличение производительности труда на 5% ежегодно, сокращение доли тяжелой и утомительной работы, а также улучшение условий труда и социальной защиты работников. Кроме того, данная проблематика возникает не только непосредственно при производстве конкретных изделий, но и при обслуживании оборудования, предоставления услуг по метрологическим работам.

На данный момент в метрологических службах различных предприятий большое количество времени тратится на поверку и калибровку оборудования, так как точность измерений имеет ключевое значение для обеспечения качества продукции и процессов. Проведение периодической поверки и калибровки помогает убедиться в том, что измерительное оборудование работает точно и соответствует стандартам. Это позволяет предотвратить ошибки и исключить возможные несоответствия при проведении измерений. Поэтому важно инвестировать в метрологическое оборудование и обеспечить его регулярную поверку и калибровку для гарантированного качества измерений.

Широко распространенный в метрологических лабораториях метод поверки и калибровки манометров является важным процессом для обеспечения точности измерения параметров давления. Использование валидированной методики позволяет убедиться в правильной работе манометров и их соответствии стандартам. Основные этапы поверки и калибровки манометров регламентированы в МИ 2124-90 и включают в себя следующие этапы [2]:

1. Подготовка оборудования. Перед проведением поверки необходимо убедиться, что все необходимые инструменты, стандарты и оборудование доступны.

2. Проверка нулевого значения. Сначала проверяется нулевое значение манометра, чтобы убедиться, что он показывает ноль при нулевом давлении.

3. Определение метрологических характеристик. Далее проводится сравнение показаний манометра с известными стандартами давления для проверки его точности.

4. Документация результатов. Все результаты поверки и калибровки должны быть документированы для последующего контроля и учета.

Перечисленные стандартные операции являются рутинными и требуют определённых временных затрат. Национальный проект призван решить проблему временных затрат на поверку и калибровку теплотехнических средств измерений. Опираясь на эту проблему, в данной статье представлены сильные, слабые стороны автоматизированной поверки и калибровки манометров, а также рассмотрены угрозы и возможности метрологических работ, стратегии развития и внутренние преобразования (таблица 2).

Для того, чтобы понять концепцию эффективности метода поверки и калибровки манометров предлагается глубокий анализ метрологических работ. Выстроена простая система в виде таблицы (таблица 1), рассмотрены необходимые критерии для данного вида анализа, и структурированы результаты анализа способа поверки и калибровки манометров.

Таблица 1. Анализ метода поверки и калибровки манометров.

Сильные стороны автоматизированной метрологической работы	Слабые стороны автоматизированной метрологической работы
1	2
<ul style="list-style-type: none"> • Автоматизированный процесс • Возможность программной доработки системы (обновление уже проданного оборудования) • Ускорение работы, а именно: одновременная поверка/калибровка до 4 манометров, датчиков давления, до 3 датчиков температуры • Экономия средств, а именно: увеличение прибыли, больше поверенных приборов, минимум резерва КИПиА на время поверки • Ведение базы данных поверенных приборов, а именно, ускорение поиска и архива протоколов поверок • Автоматизация рабочего места поверителя процесс поверки автоматизирован (минимальное влияние человеческого фактора); постоянный контроль программного обеспечения за результатами процесса поверки • Автоматическое формирование протоколов поверки [3] 	<ul style="list-style-type: none"> • Невозможность самостоятельной установки системы на существующее оборудование и ее настройки • Необходимость установки и снятия, а также визуального осмотра оператором • Сложность в техническом обслуживании системы • Рекомендовано наличие оператора для согласия с результатами поверки
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> • Изменения в действующем законодательстве, упрощающие поверку новых средств измерения • Развитие технологий искусственного интеллекта машинного зрения, создания давления и др. • Увеличение стоимости нового поверочного оборудования • Ужесточение требований к точности поверки 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложность в заказе иностранных компонентов для производства системы • Отказ предприятий от использования аналоговых манометров (замена их на цифровые датчики давления) • Недостаток квалифицированного персонала для обслуживания системы

Таблица 2. Стратегии развития и внутренние преобразования.

Стратегия развития	Внутренние преобразования
<ul style="list-style-type: none"> • Сопоставления технических характеристик нового оборудования с модернизированным старым, за счет увеличения его производительности • Повышение точности поверки, за счет частичного исключения человеческого фактора из технологического процесса 	<ul style="list-style-type: none"> • Из-за развития технологий появляется возможность полностью автоматизировать процесс (установка и снятие СИ, а также визуальный осмотр) и исключить оператора • Изменение подхода к конструкции системы, применение новых технологий, а также упрощение некоторых узлов, что облегчит техническое обслуживание и появится возможность самостоятельной установки и настройки системы заказчиком

По результатам представленного анализа вытекает следующее заключение, что использование автоматизированной системы поверки и калибровки манометров целесообразно и имеет ряд положительных эффектов.

Однако существуют слабые стороны, которые требуют своей доработки. Кроме того, выявлен ряд проблем, с которыми возможно столкновение во время проведения процедур метрологических работ. Некоторые из этих проблем могут включать в себя недостаточное оборудование для проведения необходимых измерений, отсутствие квалифицированных специалистов для проведения метрологических работ, несоответствие требованиям стандартов качества и т. д. Для обхода этих проблем возможны следующие варианты действий:

- Обновление оборудования. Приобретение нового и современного оборудования, соответствующего требованиям стандартов качества.
- Повышение квалификации сотрудников. Обучение персонала специальным курсам и семинарам по метрологии для улучшения качества проводимых работ.
- Сотрудничество с проверенными партнерами. Обращение за помощью к специализированным организациям или лабораториям, которые могут провести необходимые метрологические работы.
- Улучшение систем управления качеством. Введение процедур контроля качества и управления процессами поверки и калибровки для предотвращения возможных проблем. Эффективные процедуры контроля качества и управления процессами поверки и калибровки помогают обеспечить надежность измерений, сократить риски ошибок и улучшить качество результатов работы.

Таким образом, путем применения предложенных вариантов можно достичь эффективной и качественной работы по поверке и калибровке средств измерений, минимизируя возможные проблемы и риски в процессе их проведения.

Внедрение метрологического стенда для поверки, калибровки и ремонта средств измерений давления позволит увеличить производительность выполняемых работ, улучшить точность и зафиксировать вид неисправности прибора, определить различные дефекты в механизмах, и дать заказчику рекомендации по их устранению.

Кроме того, использование метрологического стенда поможет повысить доверие заказчиков к метрологической лаборатории, так как это свидетельствует о высоком уровне профессионализма и точности проводимой работы. В целом, внедрение метрологического стенда для поверки, калибровки и ремонта средств измерений давления будет являться важным шагом для повышения качества предоставляемых услуг.

Библиографический список:

1. Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 г. № 204 // КонсультантПлюс. 2024 г. с изм. и допол. в ред. от 21.07.2020.
2. МИ 2124-90. ГСИ. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры показывающие и самопишущие. Методика поверки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293851/4293851050.htm> (дата обращения 11.03.2024).

3. Лиджиев, Б. С. Эффективность внедрение автоматизированного рабочего места поверителя / Б. С. Лиджиев, К. С. Отев, Л. И. Мучкина // Современные проблемы развития Европейского Севера : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ухта, 08–09 июня 2023 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2023. – С. 50-52.

УДК 006.91

Анализ рекомендаций по разработке методики калибровки средств измерений

Сердюкова Я. В.

Научный руководитель – Отев К. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Калибровка средств измерений - это совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений [1]. Калибровка - это также ряд операций, которые устанавливают связь между значением величины, полученной с помощью прибора, и соответствующим значением величины, определенным по эталону, для определения метрологических свойств этого прибора [2]. Согласно определению, данному в Международном словаре по метрологии, калибровка - это первый шаг в установлении при определенных условиях взаимосвязи между значением величины с неопределенностью измерения, обеспечиваемой эталоном, и соответствующим показанием с присущей ему неопределенностью. Это процесс установления взаимосвязи. Во многих случаях только этот шаг понимается как калибровка. На втором шаге на основе полученной информации устанавливается взаимосвязь для получения результата измерения на основе показаний [3]. В 2019 году в России в качестве национального стандарта введен ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Данный стандарт включает в себя требования к метрологической прослеживаемости средств измерений (СИ) и достоверности результатов.

При калибровке средства измерений, условия калибровки могут быть расширены по сравнению с поверкой, основанной на условиях эксплуатации средства измерений. Поэтому при оценке неопределенности измерения при калибровке необходимо учитывать влияние условий калибровки. Лаборатории, аккредитованные на право поверки и калибровки, имеют доступ к информации о результатах поверки средств измерений.

В ГОСТ ISO/IEC 17025 имеются определенные требования к методикам калибровки СИ:

- желательно использовать методики, которые установлены в международных, региональных и национальных стандартах, причем четко в сфере их применения, т.е. стандартизированные методики. Однако калибровочная лаборатория должна подтвердить, что она может правильно использовать стандартизованную методику калибровки;
- если лаборатория самостоятельно разрабатывает методику калибровки, то для использования данной методики необходимо подтвердить, что она пригодна и оценена.

ГОСТ устанавливает, что калибровочные лаборатории должны иметь и применять процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке СИ. Однако для многих калибровочных лабораторий реализация этой процедуры затруднена из-за отсутствия реальной методической базы для определенных типов и групп средств измерений; перечень существующих стандартизованных методов калибровки СИ очень мал, что делает разработку таких методов калибровки особенно актуальной.

Основной международной организацией, выпускающей нормативные документы в этой области, является Европейская организация по аккредитации и сотрудничеству (EA), которая публикует документы, регламентирующие калибровку средств измерений и оценку неопределенности измерений при их эксплуатации. Например, в документе EA 4/02 описаны методы оценки неопределенности при калибровке некоторых групп средств измерений (гири,

образцовые резисторы, датчики мощности, измерительные блоки, цифровые мультиметры, нониусные корончатые манометры, калибраторы температурных блоков, бытовые водомеры и кольцевые манометры). К ГОСТ OIML R 111-1 Приложение С (калибровка гирь или наборов гирь), ГОСТ Р 8.906 Часть 9 (калибровка манометров), ГОСТ 8.461 Часть 1 (калибровка термомпар сопротивления) и к перечисленным можно добавить примеры методов калибровки, описанных в ГОСТ Р 54500.3.

Поэтому калибровочные лаборатории должны разрабатывать процедуры калибровки. При этом процедуры калибровки должны быть проверены на соответствие стандартам аккредитации. Что включает в себя такое тестирование? Предположительно, следует руководствоваться положениями следующих пунктов ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [4]: «5.4.2. Методики, разработанные или принятые испытательными лабораториями, также могут быть использованы при условии, что они подходят и были оценены»; «5.4.4. Если используются нестандартные методики, они должны быть согласованы с заказчиком, а требования заказчика и цель испытаний и/или калибровки должны быть четко указаны. Разработанные методы перед использованием должны пройти оценку соответствия».

Это означает, что разработанные лабораториями процедуры калибровки должны быть валидированы перед внедрением и затем периодически проверяться. Как уже упоминалось выше, лаборатории могут применять стандартизированные методики, т.е. проверенные методики, опубликованные в виде стандартов, или же приобретать у коммерческих производителей готовые измерительные системы, ориентированные на конкретное применение. В обоих случаях основная работа по валидации уже проделана, но необходимо помнить, что лаборатория должна доказать свою компетентность в использовании методологии. В этом и заключается суть валидации. Таким образом, в лаборатории должна быть проведена определенная работа, чтобы показать, что методология работает правильно. Однако этот объем работы будет гораздо меньше по сравнению с валидацией методики, разработанной в лаборатории. Кроме того, согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025 п. 5.4.5.2: «Лаборатория должна регистрировать полученные результаты, процедуры, использованные для оценки соответствия, и определение того, подходит ли метод для предполагаемого использования». Следовательно, калибровочная лаборатория должна не только проводить валидацию и верификацию методик калибровки, т. е. оценку их пригодности, но и регистрировать полученные результаты. Обычно это делается в виде отчетов об оценке пригодности.

Как проводится оценка соответствия процедур калибровки и как документируются результаты? Прежде всего, при оценке соответствия процедуры калибровки необходимо определить, какие характеристики процедуры калибровки подлежат определению, и установить правила принятия решений: согласно п. 5.4.5.3 ГОСТ ИСО/МЭК 17025, в качестве поверочных характеристик используются: неопределенность результатов, пределы обнаружения, селективность метода, линейность, воспроизводимость, устойчивость к внешним воздействиям и/или чувствительность матрицы образцов/показателей. и/или пределы воспроизводимости, устойчивость к внешним воздействиям и/или чувствительность к влиянию матрицы образцов/показателей.

При оценке пригодности методик калибровки сравнивают полученные оценки неопределенности измерений U с допускаемыми значениями (так называемой целевой неопределенностью).

Источниками целевой неопределенности U_t могут быть:

- требования заказчика;
- требования, указанные в нормативной или технической документации;
- границы максимально допустимой погрешности.

Для оценки эффективности методики калибровки примечание 2 к пункту 5.4.5.2 ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [1] рекомендует применять один из следующих способов или их сочетанием:

- калибровка с использованием исходных эталонов и стандартных образцов;

- сравнением результатов, полученных с помощью других методов;
- межлабораторными сравнительными испытаниями;
- систематическим оцениванием факторов, оказывающих влияние на результат;
- оцениванием неопределенности результатов на основе научного осмысления теоретических принципов метода и практического опыта.

Первые три способа являются реализациями сравнительного подхода, а вот два последних - научного [5].

В случае сравнительного подхода для установления пригодности методики калибровки обычно вычисляют смещение E по формуле (1) ГОСТ ISO/IEC 17043:

$$E = \frac{|x_{\text{лаб}} - x_{\text{реф}}|}{\sqrt{U_{\text{лаб}}^2 + U_{\text{реф}}^2}}, \quad (1)$$

где $x_{\text{лаб}}$ и $U_{\text{лаб}}$ - значение измеряемой величины, и его расширенная неопределенность, полученные в результате применения методики калибровки в калибровочной лаборатории;

$x_{\text{реф}}$ и $U_{\text{реф}}$ - референтное значение измеряемой величины и его расширенная неопределенность.

Методику калибровки признают пригодной, если неопределенность калибровки не превосходит целевой неопределенности, т.е. $U < U_T$, а смещение $E < 1$, о чем должно быть отмечено в отчете об оценке пригодности методики калибровки.

Следует отметить, что сравнительный подход к оценке эффективности методов калибровки не всегда возможен, особенно из-за недостаточной технической компетентности: Согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025 Раздел 5.4.5.5.3 Примечание 3, «Оценка соответствия всегда является компромиссом между стоимостью, риском и технической компетентностью» Учитывая, что «существует компромисс между стоимостью, риском и технической компетентностью», для оценки эффективности методов калибровки необходимо использовать научный, а не экспериментальный сравнительный подход.

Библиографический список:

1. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс] : федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ. – Режим доступа : Справочно-правовая система КонсультантПлюс, <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=77904> (дата обращения 17.02.2024).
2. РМГ 29-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <https://docs.cntd.ru/document/1200115154> (дата обращения 15.02.2024).
3. РМГ 91-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий «погрешность измерения» и «неопределённость измерения». Общие принципы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <https://docs.cntd.ru/document/1200073886> (дата обращения 25.02.2024).
4. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Справочно-правовая система Техэксперт, <http://docs.cntd.ru/document/1200166732> (дата обращения 20.03.2024).
5. К вопросу о разработке методики калибровки средств измерений / Ж. В. Овадыкова, К. С. Отев, Э. Х. Овадыков, С. А. Окладников // Естественные и технические науки. – 2020. – № 11(149). – С. 169-174.

Использование информационных технологий в метрологии

Базарова А. М., Отев К. С., Дементьев И. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Индустрия 4.0 играет жизненно важную роль в цифровом преобразовании, интегрируя в последнее время информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), киберфизические системы, облачные вычисления, обмен данными, поиск, хранение и систему безопасности в промышленных подразделениях.

В XXI веке общество стремительно идет к масштабной цифровой трансформации, и это стало основной составляющей развития инфраструктуры цифрового качества (DQI). Процесс генерации, измерения и передачи точных данных, отслеживаемых в соответствии с международными стандартами, растет в любой цифровой экономике.

Цифровая трансформация в настоящее время находится в стадии разработки, хотя индустрия 4.0 была внедрена несколько лет назад [1]. Цифровизация в основном зависит от следующих составляющих: (i) вычислительных мощностей и возможностей хранения, (ii) скорости передачи данных, (iii) экономической эффективности и доступности интеллектуальных сетей, (iv) надлежащего использования хранимых данных и информации, (v) разработка киберфизических систем и т.д. В индустрию 4.0 интегрированы различные типы интеллектуальных сетей, которые используются для измерения и обработки параметров качества.

Интеллектуальные сети обрабатывают/передают данные с помощью электронного носителя или беспроводного сигнала. Однако для поддержания высочайшего уровня точности требуется калибровка интеллектуальных сетей в соответствии с некоторыми цифровыми или электронными стандартами.

Новое определение единиц ИС и их применение также является стимулом для разработки усовершенствованных эталонных стандартов с наименьшими уровнями неопределенности измерений для калибровки интеллектуальных сетей.

Интернет вещей (IoT) все чаще применяется в метрологии для целей калибровки и тестирования. Именно так Индустрия 4.0 обеспечивает координацию и взаимодействие между человеком и техникой с помощью киберфизических систем и ИКТ.

Безопасность измерений и калибровочных данных является основной заботой при создании основы метрологической инфраструктуры для промышленного применения.

Это создает потребность в интеграции Интернета вещей с производственными процессами и системами, которые отвечают за оптимизацию производительности промышленности и создание устойчивой кибербезопасной системы.

Цифровая трансформация производственных процессов повышает надежность, безопасность, конкурентоспособность и прозрачность измеряемых данных с помощью интеллектуальных датчиков.

На международном уровне было реализовано множество исследовательских программ и совместных проектов, направленных на цифровую трансформацию и инновационные решения, такие как создание метрологического облака, NIST на чипе, инфраструктуры измерительной информации (МИ) для различных метрологических и промышленных применений, что возможно только благодаря интеграции интеллектуальных датчиков и визуализации концепции индустрии 4.0.

В частности, основной целью таких технологических достижений является облегчение технического считывания, хранения и передачи измеренных данных на расстояние.

Метрологическая база для цифровизации с использованием интеллектуальных сенсорных сетей в настоящее время находится на начальной стадии в различных национальных метрологических институтах (NMI) по всему миру.

Метрология, стандартизация, калибровка, тестирование, аккредитация и законодательная метрология являются основными составляющими создания мощной национальной инфраструктуры качества интеллектуальной системы в любой стране.

В последнее время "Модель Aswal", разработанная для надежного сигнала качества, также решительно выступает за переход к цифровой системе ИС и надежной системе сертификации, сохраняя ориентацию на метрологию и объединяя все другие составляющие интеллектуальной системы, для усиления инклюзивного экономического роста страны.

Первая промышленная революция, то есть Индустрия 1.0, началась в восемнадцатом веке. В индустрии 1.0 практиковалась промышленность, основанная на ручном труде, с использованием паровых двигателей и т.д. для повышения производительности. Это также называлось механизацией промышленности. [2]

Индустрия 2.0 началась спустя век с использования электроэнергии и конвейерного производства.

Индустрия 3.0 была внедрена с появлением компьютеров с программируемой памятью и электронного управления и получила широкое распространение в двадцатом веке для ускорения производственного процесса и стандартизации продукции.

В последнее время автоматизация стала фактором, меняющим правила игры в обрабатывающей промышленности.

Взаимодействие человека с техникой в производственных процессах сокращается за счет включения цифрового управления технологическими процессами и автоматизации [1].

Индия стала самой быстрорастущей страной, обогнав Китай в 2019 году. Но из-за нового коронавируса и карантина ВВП Индии достиг своего самого низкого пика за последнее десятилетие в 2020 году. Это определяет необходимость цифровой трансформации отраслей промышленности в Индии. Используя лучшие доступные информационные технологии, а также интеллектуальные ресурсы, Индия должна двигаться вперед, чтобы развивать страну плечом к плечу с мировыми лидерами. В обзоре ВВП за 2019-2020 годы вклад промышленного сектора Индии составляет всего 23%, что на 30% ниже среднемирового показателя. Число цифровых пользователей в Индии растет более быстрыми темпами. Индийцы проводят в социальных сетях больше времени, чем в любой другой стране, за исключением Китая. Тремя элементами, определяющими индекс внедрения цифровых технологий, являются:

Цифровая основа (стоимость, скорость и надежность интернет-сервиса),

Цифровой охват (количество мобильных устройств, загружаемых приложений и потребление данных), а также

Цифровая ценность (насколько потребители вовлечены в онлайн-общение в чате, совершение покупок или потоковое вещание).

Развитие концепции индустрии 4.0, в свою очередь, влечет за собой новые проблемы, а также укрепление метрологической базы. Таким образом, это необходимо для переосмысления явлений измерения, которые могут синхронизировать отрасль 4.0 с метрологией 4.0. Существует огромная потребность в онлайн-метрологии для удовлетворения промышленных требований.

Основной целью индустрии 4.0 является максимизация эффективности и повышение качества пропускной способности. Основными задачами в метрологии являются измерение многомерных величин с сохранением результатов измерений в режиме реального времени.

Главной целью является разработка передовых национальных и международных стандартов, регулирующих текущие и перспективные требования отрасли.

Более того, внедрение подходящих методов измерения и процессов, соответствующих соответствующим национальным и международным стандартам, наряду с выбором соответствующего оборудования является необходимостью индустрии 4.0.

Метрология - это экспериментальная и теоретическая оценка любой неопределенности в измерениях в области науки и техники. Существует три типа метрологии: научная метрология, которая занимается измерениями стандартов, промышленная метрология, которая занимается измерениями в отрасли, и правовая метрология, имеющая дело с законодательством и защитой пользователей средств измерений [40]. Основными компонентами метрологической инфраструктуры являются прослеживаемость калибровки и анализ неопределенности в соответствии с руководящими принципами международных стандартов.

Цифровая трансформация отраслей промышленности и внедрение аналитики данных меняют аспекты измерений с использованием интеллектуальных датчиков, интегрированных с алгоритмами машинного обучения для автоматизированного принятия решений.

Цель расширения метрологической инфраструктуры, необходимой для улучшения инфраструктуры качества на интеллектуальных заводах, путем внедрения отслеживаемых калибровок с соответствующими национальными и международными стандартами, разработанными в соответствии с потребностями завода будущего [4].

Установление виртуальной связи между калибровочной лабораторией и местоположениями клиентов под эгидой Индустрии 4.0 должно стать незаменимым при калибровке различных датчиков за гораздо меньшее время без демонтажа их в системе, тем самым повышая точность, прецизионность и стандартизацию продуктов и услуг [3].

В этом сценарии калибровка может выполняться онлайн без ущерба для точности/технических характеристик приборов.

Использование датчиков не ограничивается промышленностью, также влияет на "умные города" и "умную мобильность". Эти датчики проходят самопроверку и калибровку, и их состояние регистрируется в зависимости от типа и метода калибровки.

Эта информация хранится в сертификатах калибровки. В индустрии 4.0 используются интеллектуальные датчики, которые могут взаимодействовать с помощью протоколов беспроводной связи, так что значения калибровки могут передаваться в удаленные места без особых ручных усилий. Поскольку датчики сегодня в основном являются устройствами Интернета вещей, и эти измерения могут быть подключены к облачным сервисам для формирования IoT - 'Интернета измерительных вещей'. Архитектура IoT, предложенная в ссылке, включает в себя три интегрированных уровня - систему физической калибровки, облако инфраструктуры метрологической информации и прикладное программное обеспечение, которое может быть использовано в метрологии.

Кустер и др., 2018 определяют новую концепцию ИИ следующим образом: Инфраструктура измерительной информации - это набор нормативных стандартов, которые недвусмысленно определяют структуры данных, таксономии, протоколы обслуживания и безопасность для определения местоположения, передачи и совместного использования измерительной информации. Тремя основными инструментами для создания такой инфраструктуры являются: технические характеристики приборов, заявления об аккредитации (SOA) и сертификаты испытаний и калибровки.

Библиографический список:

1. Дехтярь, Г.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / Г. М. Дехтярь. – Москва: Курс, Инфра-М, 2018. – 149 с
2. Дубовой, Н. Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / Н. Д. Дубовой, Е. М. Портнов. – Москва: Форум, Инфра-М, 2017. – 255 с
3. Иванов, А.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А. А. Иванов, А. И. Ковчик, А. С. Столяров. – Москва: Инфра-М, 2020. – 522 с.
4. Кириллов, В. И. Метрологическое обеспечение технических систем: учебное пособие / В. И. Кириллов. – Минск: Новое знание, 2017. – 424 с.

УДК 004.78

Опыт использования программы LabView на лабораторных занятиях при подготовке специалистов направления подготовки 27.03.01 – «Стандартизация и метрология»

Гольфингер А. Н.

Научный руководитель – Севостьянова О. П.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В соответствии с [1] и Рабочей программы дисциплины «Методы и средства измерений и контроля», при подготовке специалистов направления подготовки 27.03.01 – «Стандартизация и метрология», формируются ряд компетенций, и в частности, профессиональная компетенция ПК-1 - способен осуществлять практическое освоение современных методов и средств измерений, технологий проведения поверки, калибровки и юстировки средств измерений, методов и средств автоматизации процессов измерений, используемых в нефтегазовом комплексе. Данная компетенция однозначно предполагает приобретение обучающимися умения работать с различными средствами измерений. Поэтому, при формировании методики, а

методика – это метод, основанный на конкретной программе, необходимо использовать метод, включающий проведение лабораторных работ. В данном случае лабораторная работа – это прием реализации метода. Метод – это система последовательных действий (алгоритм) преподавателя, который организует практическую и познавательную деятельность обучающегося. Каждый метод складывается или состоит из приемов. Один и тот же прием можно использовать в различных методах. Например, педагог может записывать или зарисовывать что-то на доске маркером или мелом, или продемонстрировать схему с помощью проектора, продемонстрировать опыт или лабораторную работу – это как раз и будет используемый приём [2].

При проведении лабораторных работ в современных условиях появляется возможность реализации разработанной методики с помощью виртуальных лабораторных работ. Поэтому, часть лабораторных работ на кафедре ЭМиЛТ, при подготовке специалистов по направлению 27.03.01 – стандартизация и метрология, проводится с использованием программы LabView.

Использование программы LabView на лабораторных занятиях позволяет приобрести студентам следующие необходимые навыки и умения в области методов и средств измерений:

- 1) практическое освоение современных методов контроля, измерений, испытаний и управления качеством, эксплуатации контрольно-измерительных средств;
- 2) выбор средств измерений, испытаний и контроля;
- 3) установление оптимальных норм точности измерений и достоверности контроля;
- 4) проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов, составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления научных обзоров и публикаций.

У программы есть свои особенности и возможности, благодаря которым можно освоить эти умения.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) представляет собой среду графического программирования, предназначенную для создания прикладного программного обеспечения информационно-измерительных систем, а также различных компьютерных систем сбора и обработки экспериментальных данных. LabVIEW прикладные программы могут использоваться на платформе ПК различных типов и способны функционировать под управлением практически всех известных к настоящему времени операционных систем ПК. Созданную в среде LabVIEW прикладную программу принято называть Виртуальным прибором (ВП). Для человека, ясно осознающего содержание измерительной задачи, создание таких ВП является довольно несложным делом, а интуитивно понятный пользовательский интерфейс программной среды делает разработку программ и их применение весьма интересным и увлекательным занятием.

В состав LabVIEW прикладной программы входят две основные составляющие:

- лицевая панель виртуального прибора (Front Panel);
- функциональная панель, или диаграмма (Diagram).

При работе с готовыми ВП используются только лицевые панели. Диаграмма нужна исключительно для разработки ВП. Лицевая панель определяет внешний вид ВП и интерфейс взаимодействия пользователя с прибором. Она содержит различные элементы ввода и управления (выключатели, переключатели, поля ввода и т. д.) и элементы вывода (цифровые индикаторы, графические экраны и т. д.). При создании программ стремятся к тому, чтобы все эти элементы соответствовали аналогичным по назначению элементам, расположенным на лицевой панели традиционных измерительных приборов.

LabVIEW ВП находят применение в самых разнообразных сферах человеческой деятельности: в исследовательских лабораториях, лабораториях фундаментальной науки, на промышленных предприятиях. Все более широко LabVIEW применяется в образовании при создании вузовских лабораторных практикумов (особенно по естественно-научным и общетехническим дисциплинам).

В практикуме Батоврина, Бессонова есть работы по:

- методам обработки и представления результатов измерений при различных условиях
- методам определения погрешности СИ

- методам измерения электрических величин

В LabVIEW представлены следующие модели средств измерений и вспомогательных устройств:

- Магнитоэлектрический вольтамперметр
- Электромагнитный вольтметр
- Электродинамический вольтметр
- Электромеханический омметр
- Компенсатор (потенциометр) постоянного тока
- Измерительный мост постоянного тока
- Электронный аналоговый милливольтметр среднеквадратического значения
- Электронный аналоговый милливольтметр средневыврямленного значения
- Электронный аналоговый вольтметр
- Электронный аналоговый резонансный частотомер
- Электронный цифровой мультиметр
- Электронный цифровой частотомер
- Электронный цифровой фазометр
- Электронный осциллограф
- Калибратор фазовых сдвигов
- Генератор сигналов синусоидальной формы
- Генератор сигналов специальной формы
- Универсальный источник питания
- Магазин сопротивлений
- Цифровое устройство обработки измерительной информации
- Цифровое устройство управления и обработки измерительной информации
- Прибор для поверки вольтметров

Таким образом, в программе LabVIEW можно моделировать средства измерения, подходящие под те или иные задачи, а также использовать созданные модели под определённые цели [3].

Однако, у такого способа проведения лабораторных работ могут быть не только преимущества, но и недостатки. С помощью программы можно обрести необходимые знания и умения, описанные выше, также возможно, и практические навыки. Но стоит не забывать, что все ВП, созданные в этой программе, по своей сути есть идеальные модели реальных приборов, а такие модели в основном не учитывают некоторые реальные характеристики приборов. Конечно, ВЛР помогают освоить основные принципы и методы измерений, их использование значительно проще и экономичнее, чем реальных приборов, но работа «вживую» с СИ в некоторых случаях лучше даёт представление о принципах измерения, развивает практические навыки. А есть такие люди, которым становится легче разобраться, когда после прочтения или прослушивания информации о приборе и принципах измерения его можно осмотреть и «пощупать».

В итоге, сформируем положительные и отрицательные стороны использования виртуальных лабораторных работ при обучении.

К положительным моментам отнесем:

1. Возможность моделировать средства измерения, подходящие под те или иные задачи, так как в программу включено большое количество средств измерения.
2. Экономическая выгода, которая заключается в том, что покупка такого количества средств измерения и приборов дорогостоящая и с точки зрения обслуживания данных технических средств, это менее затратно, так как их практически невозможно сломать и нет необходимости поверки.

К отрицательным моментам отнесем следующее:

1. Данный комплекс виртуальных лабораторных работ включает только средства измерения электрических величин, поэтому, при подготовке специалистов по направлению 27.03.01 – стандартизация и метрология, его можно использовать ограниченно (частично). Он больше подходит для электриков.

2. Отсутствие «реальных» средств измерения отрицательно сказывается на результатах усвоения дисциплины, как отсутствие необходимого навыка.

3. Лицензионных программ, приобретаемых ВУЗами не так много, поэтому отчеты по таким лабораторным работам можно найти в интернете. Что снижает мотивацию обучающихся к работе на занятиях.

4. В связи с тем, что огромное количество времени сегодня обучающиеся проводят в виртуальной информационной среде, такие лабораторные работы являются дополнительной нагрузкой на зрительную и опорно-двигательную системы организма (занятие проходит сидя за монитором ПК).

Подводя итог, скажем, что использование программы LabView на лабораторных занятиях при подготовке специалистов по направлению 27.03.01 – стандартизация и метрология вполне оправдано при изучении средств измерения электрических величин.

Библиографические ссылки:

1. Приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 N 901 (ред. от 26.11.2020) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология" (Зарегистрировано в Минюсте России 20.08.2020 N 59353)

2. Зарипов Р. Н., Зарипова И. Р. Формы и методы преподавания в современном техническом вузе [Электронный ресурс] // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formy-i-metody-prepodavaniya-v-sovremennom-tehnicheskom-yuze> (дата обращения: 18.03.2024).

3. Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: Учебное пособие для вузов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 208 с.: ил.



СЕКЦИЯ 9. МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 630*36:62-82

Анализ теплового режима гидравлического привода лесотранспортных машин

Токарь Б. В.

Наый руководитель – Тимохов Р. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Одной из ключевых особенностей использования современных гидрофицированных лесных машин, особенно в условиях крайнего севера, является эксплуатация на низких тепловых режимах. Проблемы с поддержанием оптимальной температуры и состояния основных узлов и агрегатов машины, особенно гидравлической системы, приводят к увеличенному износу деталей, уменьшению срока службы и, как следствие, более частой замене компонентов. Это ведет к снижению надежности гидравлических систем, увеличению затрат на эксплуатацию и обслуживание, а также уменьшению общей производительности машины. В зимний период подготовка системы к работе и достижение оптимальной температуры рабочей жидкости и узлов занимают до 2-2,5 раз больше времени и составляют от 1,5 до 2 часов.

Гидравлические приводы являются неотъемлемой частью лесотранспортных машин, таких как экскаваторы, бульдозеры и грузовики. Они обеспечивают передачу энергии от двигателя к рабочим органам машины, позволяя эффективно выполнять различные задачи в лесной промышленности. Однако, при работе гидравлического привода возникает значительное количество тепла, что может негативно сказываться на его работе и надежности. Анализ теплового режима гидравлического привода лесотранспортных машин является важным этапом проектирования и эксплуатации этих машин. Он позволяет определить тепловую нагрузку на систему, выявить возможные проблемы и разработать меры по их предотвращению. Одной из основных причин нагрева гидравлического привода является трение внутри системы. При передаче энергии через гидравлические насосы, клапаны и цилиндры, происходит трение между движущимися частями, что приводит к выделению тепла. Кроме того, нагрев могут вызывать и другие факторы, такие как потери давления, утечки масла и неправильная работа системы охлаждения. Для анализа теплового режима гидравлического привода необходимо провести измерения температуры в различных точках системы. Это позволит определить места наибольшего нагрева и выявить возможные причины. Также следует изучить параметры работы системы, такие как давление, расход масла и скорость движения рабочих органов. Это поможет определить эффективность работы гидравлического привода и выявить возможные проблемы, связанные с его перегревом.

Опыт работы с гидравлическими системами показывает, что их эффективность существенно зависит от тепловой нагрузки элементов системы. В условиях крайнего севера узлы и механизмы гидравлических систем работают при тяжелых условиях. Нарушение нормального теплового режима при температурах 0-50 °С ведет к повышению вязкости рабочей жидкости, увеличению сопротивления движению жидкости и проблемам при запуске насоса. Для решения проблемы поддержания оптимального теплового режима необходимо правильно определять количество тепла, получаемого различными частями системы.

В существующих гидравлических системах в условиях низких температур рабочая жидкость не достигает оптимальной температуры из-за нестабильного теплового баланса. Основным источником нагрева жидкости является ее протекание через регулирующие устройства управления, а также преодоление сопротивлений в ходе движения по каналам гидравлических систем. Таким образом, температура рабочей жидкости зависит от окружающей среды и интенсивности работы гидравлического механизма.

$$t_{ж} = t_0 + \frac{Q^T}{k * F} \quad (1.1)$$

где, t_0 - температура рабочей жидкости и воздуха;
 Q^T - тепло, выделяемое гидросистемой;
 F - площадь поверхности бака и узлов гидромеханизмов;
 k - коэффициент теплоотдачи от бака и узлов гидропривода.

В ряде работ количество тепла выделяемого гидросистемой определяют по формуле:

$$Q^T = 632 * N_{\text{пр}} * (1 - \eta_{\text{общ}}) \quad (1.2)$$

где $N_{\text{пр}}$ - затраты мощности на привод механизма;

$\eta_{\text{общ}}$ - общий к.п.д. системы.

Верхний порог температуры рабочей жидкости зависит от числа факторов, включая температуру окружающей среды, интенсивность работы гидропривода, а также конструкцию гидравлической системы и емкость баков и цилиндров. Обычно, при положительной температуре окружающей среды, после запуска системы и её нагрузки, температура устанавливается на уровне от 40 до 80 °С в течение 0,5...1,5 часов.

При исследовании теплового режима гидравлических систем не всегда учитывалось влияние отрицательных температур окружающей среды, особенно если они находятся в диапазоне от -20 до -50 °С. Также не всегда учитывалось влияние на тепловой режим температуры узлов и агрегатов гидравлической системы, скорости движения механизма, временных остановок двигателя и работы гидропривода в различных режимах.

Метод расчёта теплового режима гидроприводов, применяемый в настоящее время, предполагает одинаковую температуру всех точек гидропривода в каждый момент времени, что гарантирует эффективный теплообмен внутри гидропривода. Однако, агрегаты и узлы системы могут располагаться в разных местах, что существенно влияет на температуру рабочей жидкости.

Одно из значительных исследований теплового режима было проведено Г.А. Кальбусом, который изучил температурный режим гидросистем тракторов, учитывая факторы поступления и отвода тепла, и разработал формулы для определения времени нагрева рабочей жидкости.

$$\tau = \frac{m_M * c_M * m_{\text{ж}} * c_{\text{ж}}}{\alpha * F} * \ln \left[\frac{\frac{Q^T}{\alpha * F} - (t_1 - t_0)}{\frac{Q^T}{\alpha * F} - (t_{\text{ж}} - t_0)} \right] \quad (1.3)$$

где m_M , $m_{\text{ж}}$ - расчётные массы рабочей жидкости бака;

c_M , $c_{\text{ж}}$ - теплоёмкость рабочей жидкости и бака;

α - коэффициент теплопередачи;

F - суммарная поверхность, омываемая рабочей жидкостью;

Q^T - тепло, выделенное гидросистемой;

t_1 - температура атмосферного воздуха;

$t_{\text{ж}}$ - температура жидкости при $\tau = 0$.

Для современных более сложных схем и конструкции гидропривода допущение о достаточном эффективном внутреннем и внешнем теплообмене может привести к существенным ошибкам, даже при оценке среднего мгновенного значения температуры. Особенно больших значений ошибка может достигнуть для гидроприводов работающих в условиях минусовых температур при осуществлении всех видов теплообмена между отдельными участками гидравлической системы и окружающей среды. В действительности же температура рабочей жидкости на различных участках системы будет иметь какое-то своё значение и, в связи с этим интенсивность теплоотдачи от узлов и агрегатов в окружающую среду будет различна. В конечном итоге это вызовет изменение времени разогрева рабочей жидкости.

Анализ научных исследований, выполненных различными авторами по оценке работы гидравлических систем тракторов в различных климатических районах и влияния отрицательных температур окружающей среды на показатели надёжности гидропривода показывает, что до настоящего времени отсутствует проверенная методика расчёта гидравлических систем и это не позволяет обоснованно выбрать оптимальный вариант системы

для районов Крайнего Севера. Создание такой методики возможно только на основе изучения теплового баланса гидравлической системы и всех видов теплообмена: лучистого, конвективного и за счёт теплопроводности.

В своих работах В.Н. Прокофьев и Т.М. Башта для определения зависимости прогрева рабочей жидкости от времени работы, приводят следующую зависимость:

$$t = t_0 \frac{Q^T}{k * F} * \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{\tau * k * F}{G * c_m}}} \right) \quad (1.4)$$

где – t - температура масла за время τ час;

G – вес гидропривода с маслом;

$c_m = \frac{c_{ж} * G_{ж} + c_a * G_a}{G_M + G_a}$ – средняя теплоёмкость гидроагрегатов;

$c_{ж}$ – теплоёмкость жидкости;

c_a – теплоёмкость материалов гидроагрегатов;

$G_{ж}, G_a$ – вес рабочей жидкости и вес механизмов гидропривода;

t_0 – температура рабочей жидкости в момент запуска;

τ – время работы гидропривода.

Теоретическое исследование связей между количеством тепла, с учётом тепла, получаемого от внешних источников, проведённое В. Н. Вардугиным, позволило определить температуру рабочей жидкости гидросистемы:

$$t = t_0 + (t - t_0) \frac{A}{m_c * c_c} * \tau + \frac{Q_{ВН}^T + Q_{ВНЕС}^T}{A} * \left(1 - e^{-\frac{A}{m_i * c_i} * \tau} \right) \quad (1.5)$$

где m_c, c_c - приведённая масса и теплоёмкость рабочей жидкости и элементов гидросистемы;

$Q_{ВН}^T + Q_{ВНЕС}^T$ - количество тепла, полученное за счёт внешних и внутренних источников тепла;

A - постоянная, зависящая от коэффициента k и поверхности теплоотдачи гидросистемы;

$t_{ж}, t_0$ - температура рабочей жидкости и окружающего воздуха;

t – начальная температура жидкости.

Однако, в представленных формулах (1.3, 1.4, 1.5) не были учтены все изменения фактических параметров рабочей жидкости и материала, из которого изготовлены узлы и детали гидропривода. Авторы не учитывали все возможные дополнительные источники тепла, которые влияют на гидравлическую систему, такие как излучение, контакт с нагретыми деталями и другие. Также они не учитывали все виды теплопередачи в окружающую среду и к более металлоёмким деталям.

Исследования воздействия температурного фактора на надёжность гидравлических систем, проведенные Л. В. Васильевым, показали, что при положительной температуре окружающего воздуха через 0,5...1,5 часа после запуска системы температура устанавливается на уровне 40...80 °С. Также он определил верхние пределы температуры рабочей жидкости при эксплуатации гидроприводов при низких температурах окружающего воздуха.

При негативных температурах гидропривод большую часть времени работает на масле с температурой 20...40 °С. Важно отметить, что с уменьшением температуры окружающей среды увеличивается время прогрева рабочей жидкости до оптимальных значений, что означает, что узлы и механизмы гидропривода могут работать в сложных условиях. Однако данные Л. В. Васильева сложно оценить из-за отсутствия информации о марках масел, использованных в эксперименте, а также из-за отсутствия данных о времени работы гидромеханизма под нагрузкой.

Изучение научных исследований по тепловому режиму показало, что не учитывались уникальные особенности узлов и агрегатов, а физические свойства рабочих жидкостей и материалов принимались за постоянные. Было также упущено влияние дополнительных источников тепла, а теплоотдача недооценивалась.

В результате проведенного анализа было обнаружено, что тепловой режим гидравлического привода лесотранспортных машин сильно зависит от факторов, таких как нагрузка, продолжительность работы системы и эффективность охлаждающих радиаторов. Выявлены проблемы, связанные с перегревом масла в гидравлических цилиндрах и тепловыми деформациями в механизмах передач.

Основными выводами данного анализа является необходимость улучшения системы охлаждения, например, через установку более эффективных радиаторов или внедрение инновационных методов охлаждения. Рекомендуется также оптимизация работы гидравлического управления для предотвращения перегрева масла и тепловых деформаций.

После проведения анализа теплового режима гидравлического привода лесотранспортных машин необходимо разработать меры по его оптимизации. Возможные решения включают в себя улучшение системы охлаждения, использование специальных материалов с низким коэффициентом трения, а также оптимизацию параметров работы системы. Например, можно установить датчики температуры и давления, которые будут контролировать работу гидравлического привода и автоматически регулировать его параметры для предотвращения перегрева. В заключение, анализ теплового режима гидравлического привода лесотранспортных машин является важным этапом проектирования и эксплуатации этих машин. Он позволяет выявить проблемы, связанные с перегревом системы, и разработать меры по их предотвращению. Это способствует повышению надежности и эффективности работы гидравлического привода, что в свою очередь положительно сказывается на производительности лесотранспортных машин и снижает риск возникновения аварийных ситуаций.

Библиографический список:

1. Васильев, Л. В. Исследование давления в рабочей камере шестерённого насоса / Л. В. Васильев // Труды НАТИ. – М. : НТИ НАТИ, 1971. – Вып. 240. – 179 с.
2. Кальбус, Г. Л. Навесные системы и гидромеханизмы сельскохозяйственных тракторов / Г. Л. Кальбус. – Киев : Машгиз, 1964.
3. Надёжность гидравлических систем воздушных судов / Башта Т. М. [и др.]. – М. : Транспорт, 1986. – 279 с.
4. Юшкин В.В. Основы расчёта объёмного гидропривода / В. В. Юшкин. – Минск : 1982. – 94 с.
5. Чупраков, Ю. И. Гидропривод и средства гидроавтоматики / Ю. И. Чупраков. – М., 1979. – 232 с.

УДК 621.43.036.171

Анализ конструкций топливных подогревателей ДВС

Тропин Д. И.

Научный руководитель – Тимохова О. М.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Введение.

Топливные подогреватели играют ключевую роль в обеспечении эффективной работы двигателей внутреннего сгорания, особенно в условиях низких температур. Они используются для предварительного нагрева топлива, что способствует его лучшему распылению и сгоранию, что, в свою очередь, приводит к снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Типы топливных подогревателей и конструкция.

Существует несколько основных типов топливных подогревателей, включая электрические, теплообменные и каталитические подогреватели.

1. Электрические подогреватели: Этот тип подогревателей использует электрическую энергию для нагрева топлива. Они обычно устанавливаются в систему топливоподачи и могут быть активированы перед запуском двигателя. Одним из основных преимуществ электрических подогревателей является быстрый старт двигателя в условиях низких температур.

2. Теплообменные подогреватели: Этот тип подогревателей использует тепло двигателя или системы охлаждения для нагрева топлива. Они интегрированы в систему охлаждения и обычно имеют компактный дизайн. Теплообменные подогреватели обеспечивают эффективный нагрев топлива за счет использования отходящего тепла от двигателя.

3. Каталитические подогреватели: Этот тип подогревателей использует катализаторы для нагрева топлива. Они эффективны в нагреве топлива без прямого контакта с ним, что позволяет избежать загрязнения топлива. Кроме того, каталитические подогреватели могут быть более экономичными в использовании энергии.

4. Трубчатые подогреватели: состоят из трубок, через которые проходит топливо и прогревается. Этот тип весьма распространен и эффективен.

5. Пленочные подогреватели: используются тонкие пленки для прогрева топлива. Они компактны и могут обеспечить равномерный прогрев топлива.

Технические характеристики топливных подогревателей:

- Мощность подогрева: определяет скорость прогрева топлива.
- Температурный режим работы: важен для обеспечения оптимальных условий сгорания.
- Надежность и стоимость: важные параметры для выбора оптимального подогревателя.

Таблица 1- Технические характеристики.

Мощность	От 2 до 5 кВт
Рабочее давление	От 1,5 до 4 бар
Температура подогрева	От 30 до 70 °С
Ресурс работы	От 3000 до 10000 часов

Конструкция топливного подогревателя ДВС включает несколько основных элементов, каждый из которых играет важную роль в его работе:

Нагревательный элемент: Нагревательный элемент является сердцем топливного подогревателя. Обычно он представляет собой спираль или нагревательный блок, который подключается к источнику энергии, такому как аккумулятор автомобиля или сеть электропитания. Этот элемент отвечает за нагрев топлива перед его подачей в двигатель.

Система подачи топлива: Система подачи топлива отвечает за поступление топлива к нагревательному элементу. Обычно это осуществляется через насос, который перекачивает топливо из бака в подогреватель. Затем топливо проходит через фильтр и далее по трубопроводу к нагревательному элементу, где оно нагревается.

Управляющие устройства: Управляющие устройства отвечают за контроль работы топливного подогревателя. Они могут быть представлены электронными платами или контроллерами, которые регулируют процесс нагрева, устанавливают температурные режимы и обеспечивают безопасность работы устройства.

Механизмы безопасности: Важной частью конструкции топливного подогревателя являются механизмы безопасности, которые предотвращают возможные аварийные ситуации. Это может включать в себя датчики перегрева, автоматическое отключение при обнаружении неисправностей, а также механические устройства, которые предотвращают утечку топлива или пожар.

Эти основные элементы взаимодействуют вместе, чтобы обеспечить эффективную и безопасную работу топливного подогревателя ДВС, что в свою очередь способствует более надежной работе двигателя в холодные условия.

Преимущества и недостатки топливных подогревателей.

Преимущества топливных подогревателей включают:

- Улучшение стартовых характеристик двигателя в холодную погоду;
- Снижение износа двигателя за счет улучшения смазки и сгорания топлива;
- Уменьшение выбросов вредных веществ, благодаря более полному сгоранию топлива.

Однако у топливных подогревателей также есть некоторые недостатки, включая:

- Дополнительные затраты на установку и обслуживание;
- Потеря энергии из-за процесса подогрева;
- Возможность повреждения подогревателя из-за некачественного топлива или неправильной эксплуатации.

Современные тенденции в развитии технологии топливных подогревателей.

Современные технологии активно развиваются для улучшения эффективности и надежности топливных подогревателей. Некоторые из современных тенденций в этой области включают:

- Использование интеллектуальных систем управления, которые позволяют оптимизировать работу подогревателя в зависимости от условий эксплуатации;
- Применение новых материалов и технологий для повышения энергоэффективности и долговечности подогревателей;
- Интеграция с другими системами автомобиля для совершенствования общей эффективности;
- Использование керамических материалов для уменьшения веса и увеличения эффективности подогревателя;
- Интеграция систем управления, позволяющих точно регулировать температуру подогреваемого топлива;
- Применение теплоизоляционных материалов для снижения потерь тепла и повышения общей эффективности.

Значение регулярного обслуживания и проверки конструкции.

- Регулярная проверка состояния и работоспособности подогревателя помогает предотвратить возможные поломки и сбои.

- Техническое обслуживание позволяет поддерживать высокую эффективность работы подогревателя и продлить его срок службы.

Исследование и анализ конструкции топливных подогревателей для двигателей внутреннего сгорания являются важными аспектами для повышения эффективности и надежности работы автомобильных двигателей, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Модернизация топливного подогревателя ДВС.

При эксплуатации специальной техники в холодное время года происходит повышенный износ агрегатов трансмиссии. Для повышения эффективности предпускового разогрева двигателя предлагается использовать температуру выхлопных газов для обогрева картера двигателя. С целью повышения эффективности работы автономного подогревателя и снижения тепловых потерь, предлагается создание эффективного теплоизоляционного слоя вокруг выпускного рукава. Гибкий металлорукав был обернут теплоизоляционным материалом. Слой теплоизоляционного материала был закреплен на металлорукаве с помощью алюминиевого скотча.

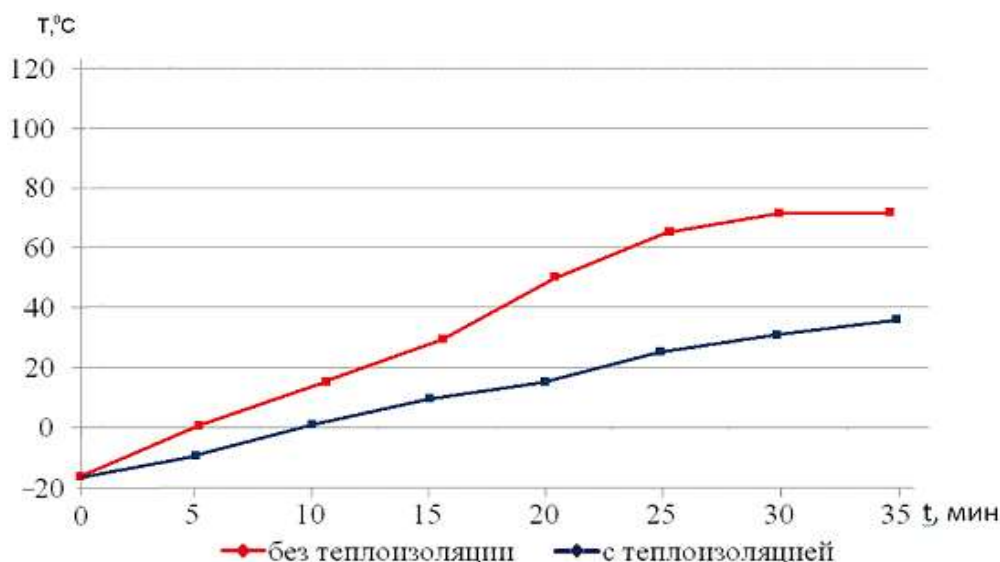


Рисунок 1- Температура выпускного рукава.

Как видно из полученных экспериментальных показателей, при наличии теплоизоляционного материала, температура выпускного рукава почти вдвое ниже, что говорит о двукратном снижении тепловых потерь при транспортировке отработанных газов. Температура выхлопных газов на выходе из металлорукава измерялась термометром. После 35 минут прогрева она составила: без теплоизоляционного слоя 68°C , с теплоизоляционным слоем 105°C . Что позволяет эффективно обогревать картер коробки перемены передач в зимнее время.

Библиографический список:

1. Леонтьев А.В., Васильев А.В. Топливные подогреватели ДВС: устройство, принцип работы, эксплуатация. - М.: Транспорт, 2015.
2. Громов И.П., Иванов П.С. Топливные подогреватели и их применение в автомобильном транспорте. - СПб.: Питер, 2018.
3. Баранов В.Н. Топливные подогреватели: конструкция, принцип работы, техническое обслуживание. - М.: Техника, 2019.
4. Сидоров Н.М., Петров Д.А. Эффективность применения топливных подогревателей в условиях северных регионов. - Мурманск: МГТУ, 2020.
5. Иванов А.С., Козлов П.И. Инновации в конструкции топливных подогревателей: тенденции и перспективы. - М.: Наука и техника, 2021.

УДК 531 (0761)

Алгебраические параметры, определяющие статус момента силы

Сурыгин И. И., Сурыгин С. И.

Научный руководитель – Михитаров А. Р.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

В курсе теоретической механики используются величины, которые представлены в математической форме, а также в текстовом материале, поясняющем их особенности [1]. Они характеризуются своими параметрами и обладают разными свойствами. Одним из таких свойств является статус. Здесь мы рассмотрим характеристику такой величины, как момент силы.

Важность статуса момента силы заключается в том, что эта величина характеризует усилие вращения и имеет более тонкую грань, определяющую её статус, чем статус силы, а в практическом смысле определяет выбор между геометрической и аналитической обработкой параметров системы.

Основной его формой считается момент силы относительно центра, являющейся вектором. Но применительно к плоской системе сил, уже характеризуется как величина скалярная. Чтобы лучше разобраться с причинами изменения статуса момента силы, рассмотрим его алгебраические параметры.

Цель доклада состоит в определении условий, при которых эти параметры могут изменять статус вектора момента силы.

Алгебраическими параметрами, которые могут определять статус вектора момента силы, в соответствии с его определением, являются проекции радиус-вектора точки \vec{r} и проекции вектора силы \vec{F} , действующей в этой точке, на оси координат.

Момент силы относительно центра определяется вектором \vec{M}_O , который равен:

$$\vec{M}_O(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F}. \quad (1)$$

Проанализируем причину, по которой для плоской системы сил момент будет рассматриваться как скалярная величина на примере, представленном на рисунке 1.

Здесь показана плоская система сил, для которой, на примере одной из сил (\vec{F}_1), определяются моменты относительно точек O и O₁, обозначенные \vec{M}_O и \vec{M}_{O_1} . Полученные векторы моментов направлены перпендикулярно соответствующим плоскостям, образованным силами \vec{F} и \vec{F}_1 и радиус-векторами точек их действия \vec{r} и \vec{r}_1 .

Момент, взятый относительно точки O₁, будет тоже выражаться с помощью формулы (1). Отличием от пространственной системы сил будет то, что векторы \vec{r} и \vec{F} будут лежать в плоскости, параллельной координатной плоскости xOy.

Рассмотрим, как это скажется на алгебраическом результате вычисления момента силы. Воспользуемся для этого правилом раскрытия векторного произведения (2).

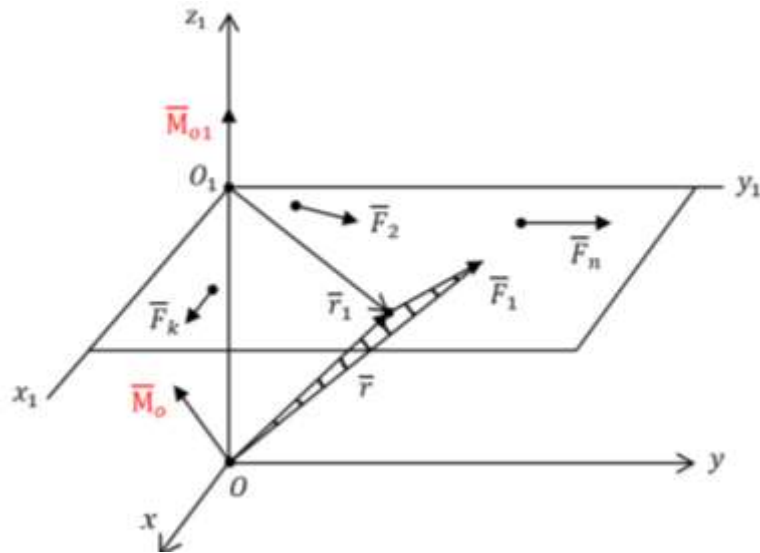


Рисунок 1 – Момент силы относительно центра.

$$M_{O_1}(\vec{F}) = (x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) \times (F_x\vec{i} + F_y\vec{j} + F_z\vec{k}) = xF_y\vec{k} - xF_z\vec{j} - yF_x\vec{k} + yF_z\vec{i} + zF_x\vec{j} - zF_y\vec{i} = (xF_y - yF_x) \cdot \vec{k}. \quad (2)$$

Здесь параметры z и F_z равны нулю, т. к. векторы \vec{r}_1 и \vec{F} лежат в плоскости xOy . Следовательно, полученный момент силы будет всегда параллелен оси Oz , то есть является его проекцией на данную ось, а значит будет скалярной величиной. Этот результат также можно получить с помощью определителя матрицы момента силы:

$$\vec{M}_o = (\vec{F}) = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix}. \quad (3)$$

В случае, когда рассматривается плоская система сил, то нет необходимости использовать трёхосную систему координат, а матрица (3) примет вид:

$$M_{O_1}(\vec{F}) = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & 0 \\ F_x & F_y & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ M_z \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Определитель которой будет совпадать с ранее полученным результатом (2).

При рассмотрении полученной матрицы можно заметить, что проекции радиус-вектора и вектора силы на ось z равны нулю.

Это указывает на то, что полученная величина будет относиться к скалярным величинам. Такой результат, очевидно будет получен и для всех сил лежащих в трёх координатных плоскостях.

Рассмотрим такую систему более подробно (рисунок 2).

Данная система сил является пространственной системой, а как мы знаем моменты сил в пространственной системе сил являются векторными величинами [3], но так как все силы находятся в координатных плоскостях, то, согласно сказанному выше, их моменты относительно центра координат будут алгебраическими (скалярными) величинами.

А это может рассматриваться как дополнение к положению о «алгебраических моментах сил» [3], представленному в теоретических материалах. Очевидно, что такое представление не ставит под сомнение классическую формулировку, а разъясняет её более подробно. А рассматриваемая система сил на рисунке 2 является частным случаем пространственной системы.

Это также, представляет интерес как дополнительная грань сложного понятия «вектор».

Учтя выше сказанное, определим условие, при котором алгебраические параметры момента силы приводят к изменению статуса вектора момента силы на статус скаляра.

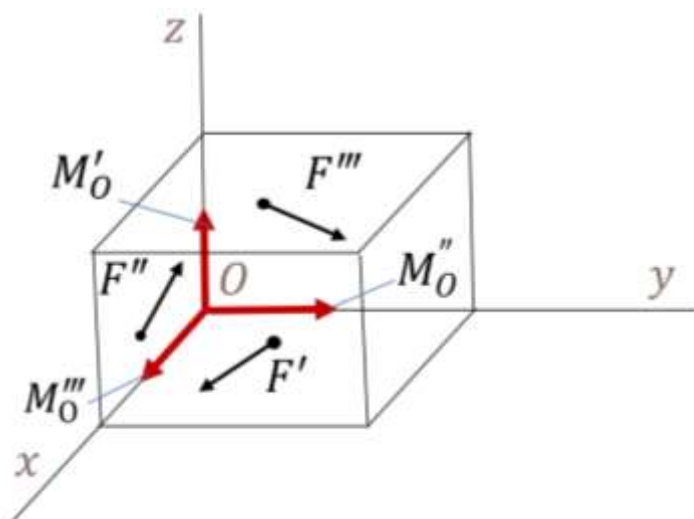


Рисунок 2 – Момент силы относительно центра

Так в ситуации, изображённой на рисунке 1, проекции радиус-вектора точки \vec{r} и проекции вектора каждой силы \vec{F} на оси координат будут отличными от нуля, поэтому моменты этих сил будут иметь статус вектора, согласно (3), так как имеют все необходимые характеристики вектора.

А в ситуации изображённой на рисунке 1, проекции радиус-вектора точки \vec{r} и проекции вектора каждой силы \vec{F} на одну из осей координат будут равны нулю, следовательно, моменты этих сил будут алгебраическими величинами, так как не имеют направления, согласно (4).

Вывод: момент силы относительно центра будет скалярной величиной только в случае, если проекции радиус-вектора точки \vec{r} и вектора силы \vec{F} , действующей в этой точке, на одну и ту же ось будут равны нулю.

Библиографический список:

1. Яблонский А. А., Курс теоретической механики: Учебник / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. — 11-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2004. — 768 с.: ил.
2. Руководство к решению коротких задач по механике сплошной среды : учебное пособие / А. С. Попов. — Ухта : УГТУ, 2003. — 52 с. — Текст : непосредственный.
3. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: Учебник для втузов / С.М. Тарг. — 20-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2010. — 416 с.: ил.

УДК 539.3

Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода с учётом вариаций толщины стенки

Барменков В. С., Мамонтов А. Р., Савин В. В.

Научные руководители – Пильник Ю. Н., Савич В.Л.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Трубопроводные системы играют ключевую роль в обеспечении функционирования современной инфраструктуры, осуществляя транспортировку нефти, нефтепродуктов и природного газа.

Надежность и безопасность этих систем являются критически важными факторами, влияющими на экономическую эффективность и экологическую составляющую. Одним из ключевых аспектов анализа и проектирования трубопроводных систем является оценка их напряженно-деформированного состояния (НДС), которое может быть определено с помощью численных методов и компьютерного моделирования.

Целью данной работы является исследование влияния толщины стенки на НДС трубопровода.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих видов НДС и выбрать наиболее подходящий для решения поставленной задачи.
2. Рассчитать эквивалентные напряжения и сравнить их с допустимым напряжением.
3. Определить коэффициенты запаса прочности и процент деформации материала трубопровода.
4. Проанализировать полученные значения и сделать выводы.

Под воздействием внешних нагрузок в материале возникает реакция во внутренних структурах, которая описывается понятием – напряжение.

В зависимости от расположения внешних силовых факторов на структурном уровне выделяют три напряженных состояния: линейное, плоское и объемное [4].

В своей сущности трубопровод представляет из себя металлическую конструкцию с большим диаметром, и при этом имеет достаточно тонкую стенку ($\delta/R \sim 1/20 \dots 30$), поэтому можно утверждать, что напряженное состояние в ней плоское (рисунок 1).

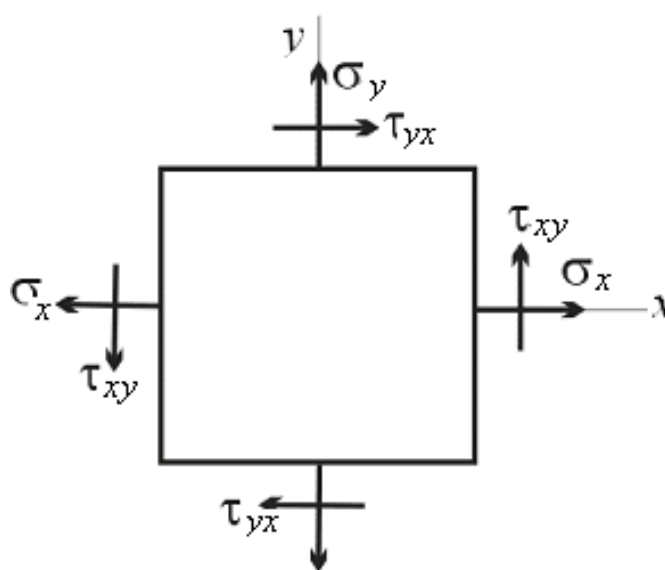


Рисунок 1 – Плоское напряженное состояние.

Для проведения расчета необходимо задаться основными характеристиками трубопровода в рамках выпускаемой продукции заводом изготовителем (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Характеристики рассматриваемого трубопровода.

Поставщик труб, № технических условий	ЧТЗ, ТУ 14-3р-04-94
Рабочее давление, МПа	5,4-7,4
Наружный диаметр труб, мм	1220
Толщина стенки, мм	10-15
Марка стали	12ГСБ
Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	510
Предел текучести σ_t , МПа	350
Время эксплуатации, лет	20
Способ прокладки	подземный
Примечание. За основу расчета было взято давление равное 6,4 МПа.	

В рассматриваемом случае, трубопровод находится в эксплуатации, поэтому расчет следует выполнять по инженерному методу, который учитывает ряд особенностей:

1. Способ прокладки;

2. Температурные и изгибающие напряжения;
3. Радиус кривизны трубопровода (если участок криволинейный).

В рамках данного исследования была выбрана нижняя и верхняя граница толщины стенки – 7-18 мм.

Расчет напряженно-деформированного состояния трубопровода в соответствии с [3], включает определение продольных (осевых) и кольцевых напряжений.

Определение нормальных напряжений в трубопроводе (кольцевых), МПа производится по формуле:

$$\sigma_y = \frac{PD}{2h}, \quad (1)$$

где P – давление в трубопроводе, МПа;

D – наружный диаметр трубопровода, мм;

h – толщина стенки трубопровода, мм.

Продольные напряжения можно определить по формуле:

$$\sigma_x = \mu\sigma_y - \alpha E\Delta t \pm \frac{ED}{2\rho}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент Пуассона;

α – физическая константа материала при перепаде температур, град⁻¹;

E – модуль упругости I-го рода (Модуль Юнга);

Δt – перепад температура, °С;

σ_y – кольцевые напряжения, МПа;

ρ – радиус кривизны, м.

Далее находят напряжения на главной площадке $\sigma_{1,2}$ и допустимое напряжение в металле $[\sigma]$, после чего определяют эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ по IV теории прочности:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \leq [\sigma], \quad (3)$$

Если найденные значения соответствуют выражению: $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq [\sigma]$, то условие прочности выполняется.

Фактический коэффициент запаса прочности n_f определяется по формуле:

$$n_f = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{ЭКВ}}}, \quad (4)$$

Для пластичных материалов нормируемый коэффициент запаса прочности равен 1,5; нижняя граница соответствует 1,1 [2].

При нахождении трубопровода в эксплуатации определенное количество времени, деформация определяется из модели Рамберга-Осгуда:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left[1 + \frac{3}{7} \left(\frac{\sigma}{\sigma_s} \right)^{k-1} \right], \quad (5)$$

где σ – текущее напряжение в материале, МПа;

k – экспериментальный коэффициент, который учитывает длительность эксплуатации;

σ_s – напряжение, соответствующее усталостным характеристикам материала с учетом изменения физико-механических свойств в процессе эксплуатации рассматриваемого объекта, МПа.

Произведя вычисления по приведённым выше формулам, получили следующие результаты (таблица 2).

В результате вычислений были получены следующие графические зависимости (рисунок 2,3).

Таблица 2 – Полученные значения в ходе вычислений.

h, мм	σ_y , МПа	σ_x , МПа	$\sigma_{\text{ЭКВ}}$, МПа	n_f	ε , %
18	216,89	49,99	196,72	1,78	0,00096
17,89	218,22	50,39	197,90	1,77	0,00096
17,78	219,57	50,79	199,10	1,76	0,00097
17,72	220,32	51,02	199,76	1,75	0,00097
...
10,32	378,29	98,41	339,95	1,03	0,00236
10,21	382,37	99,63	343,57	1,02	0,00249
...
7,16	545,25	148,50	488,24	0,72	0,10865
7,1	549,86	149,88	492,34	0,71	0,1217
7,04	554,55	151,28	496,50	0,70	0,13684
7	557,71	152,24	499,32	0,70	0,14742

Примечание. Зелёный цвет – область, где эквивалентное напряжение меньше допустимого напряжения. Красный цвет – область, где эквивалентное напряжение больше допустимого напряжения. $[\sigma] = 340$ МПа

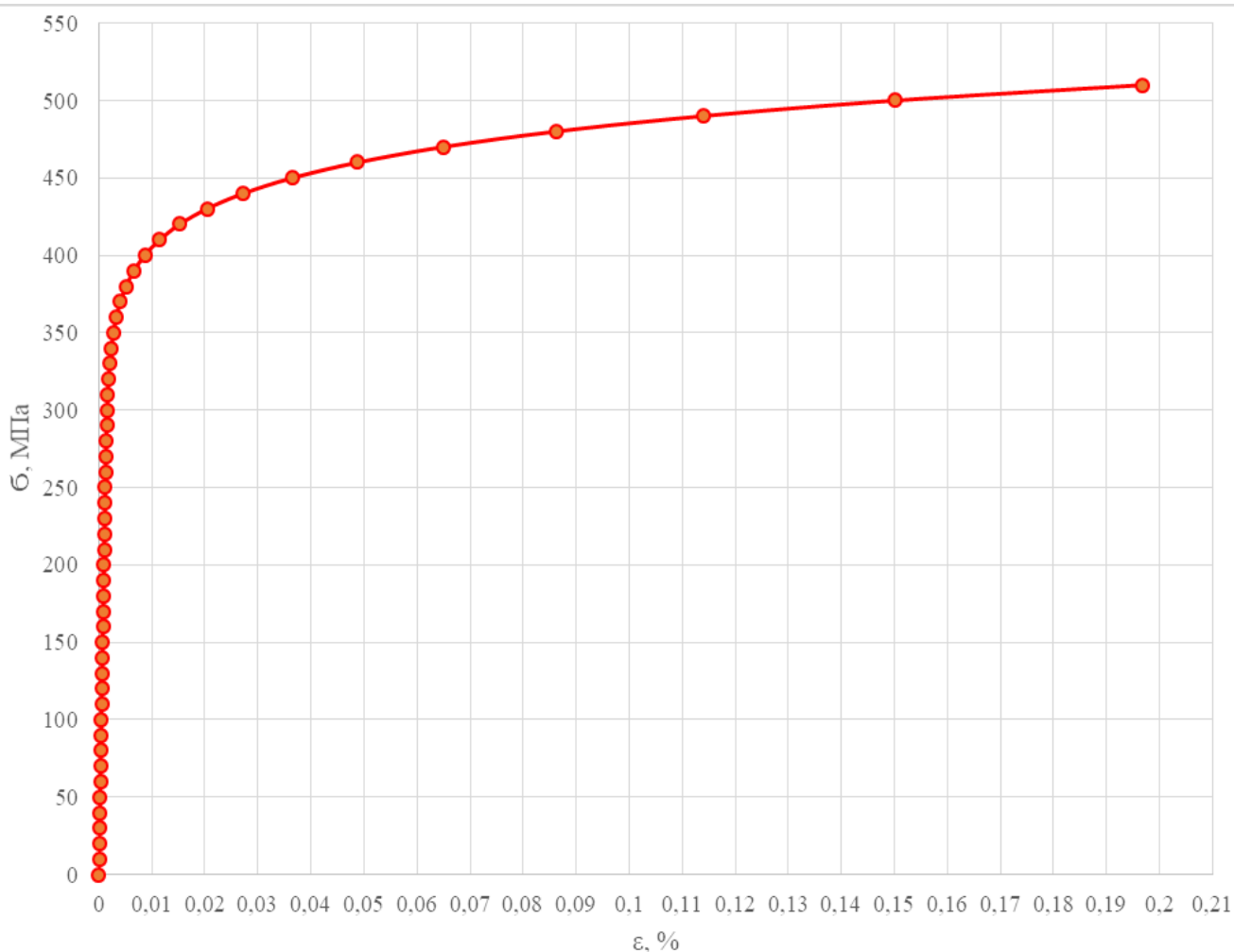


Рисунок 2 – Зависимость напряжения от деформации по модели Рамберга-Осгуда.

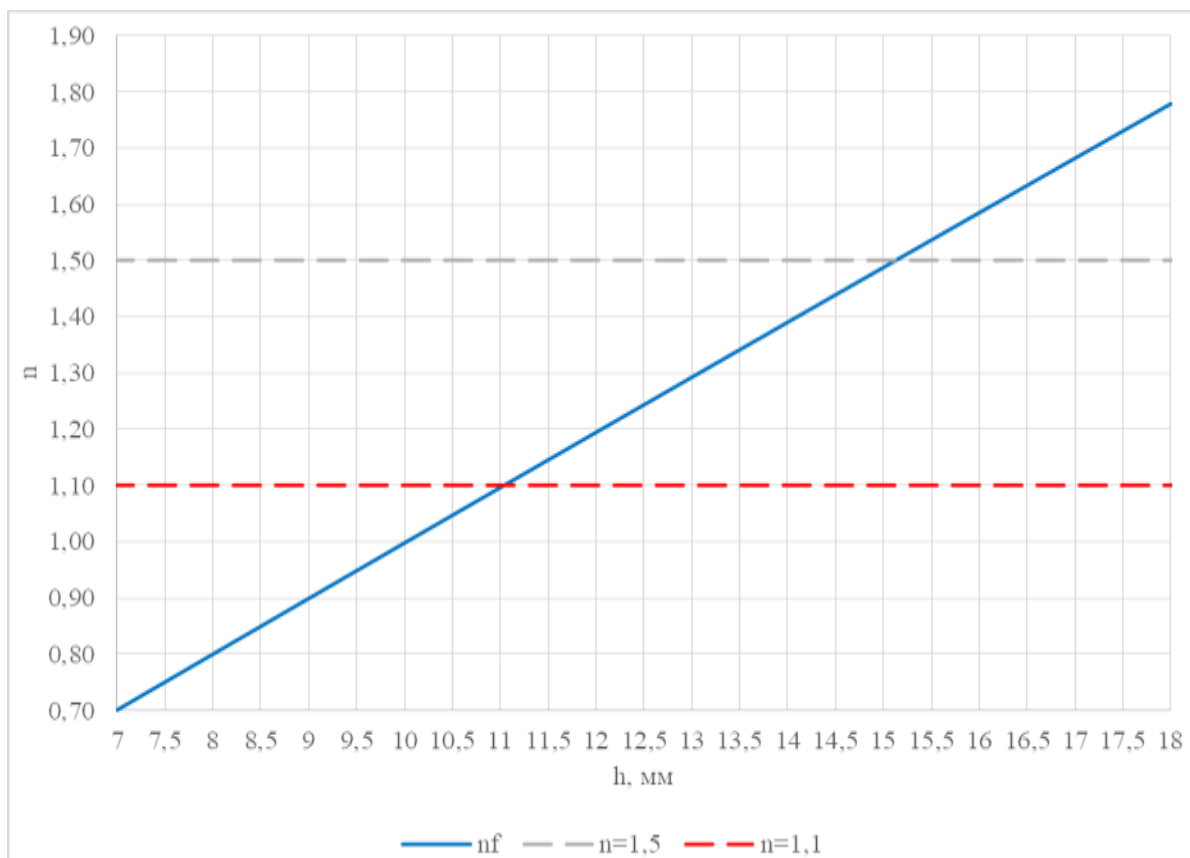


Рисунок 3 – Фактический коэффициент запаса прочности от толщины стенки.

В рамках работы можно сделать ряд выводов:

1. В ходе исследования были рассмотрены основные виды напряженно-деформированного состояния. Было выбрано плоское напряженное состояние в качестве основного анализа для трубопровода. Выбор плоского напряженного состояния обусловлен тем, что он позволяет наиболее точно учесть особенности конструкции трубопровода и действующие на него нагрузки.

2. На основании проведенного расчёта определили, что эквивалентное напряжение равно 339,95 МПа (толщина стенки 10,32 мм) является максимально допустимым, которое может выдержать трубопровод из стали 12ГСБ, диаметром 1220 мм под давлением 6,4 МПа, при этом деформация составит 0,00236%.

3. Проведен анализ полученных в ходе работы расчётных данных. В результате расчёта напряженно-деформированного состояния трубопровода, были получены фактические коэффициенты запаса прочности. Установлено, что трубопровод с толщиной стенки 11 мм под давлением 6,4 МПа соответствует нижней границе коэффициента запаса прочности $n = 1,1$. В результате анализа можно заключить, что эксплуатация с толщиной стенки меньше 11 мм приводит к негативным воздействиям на надежность и долговечность трубопровода, что в долгосрочной перспективе и вовсе может привести к аварийной остановке трубопровода.

Библиографический список:

1. Инструкция по применению труб в нефтяной и газовой промышленности. – М.: РАО Газпром, 2000. – 131 с.
2. Муравьева Л. В. Безопасность и долговечность трубопроводных конструкций : монография / Л.В. Муравьева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 268 с.
3. Савич, В. Л. С-13 Прикладная механика. Сборник заданий. (Инженерные сооружения и конструкции) / В. Л. Савич, Р. В. Агинея. – Ухта : УГТУ, 2024. – 44 с.
4. Савич, В. Л., Малинин В.Г. Теоретические основы расчетов прочности: учебное пособие / В. Л. Савич. Ухта : Изд-во. Ухтинского государственного технического университета, 2022.

Математические модели прогнозирования циклической долговечности при сложном напряженном состоянии

Отев К. С., Денисов М. А.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

На сегодняшний день важным направлением научных исследований является прогнозирование циклической долговечности при сложном напряженном состоянии. Критерии многоосной усталости чрезвычайно важны в области усталости, и их цель – снизить сложную многоосную нагрузку до эквивалентной одноосной нагрузки. Данное направление исследований изучает поведение материалов и конструкций при циклических нагрузках, когда материал подвергается повторяющимся нагрузкам или деформациям. Целью исследований является разработка методов прогнозирования долговечности материалов и конструкций при сложных условиях эксплуатации, что позволяет предотвратить поломки и повреждения оборудования. Для этого используются различные методы исследований, такие как математическое моделирование, численное моделирование, экспериментальные исследования и другие техники. Эти исследования имеют широкий спектр применения, начиная от авиационной и автомобильной промышленности до медицинского оборудования и строительства.

Прогнозирование циклической долговечности при сложном напряженном состоянии является важным для обеспечения безопасности и надежности различных технических систем и оборудования. Благодаря этим исследованиям удастся разработать новые материалы, оптимизировать конструкции и улучшить технологии производства, что способствует снижению износа и повышению эффективности эксплуатации оборудования.

Предложено множество критериев и моделей многоосной усталости, подходящих для различных материалов и различных условий нагружения. Но, несмотря на большое их количество, пока нет единогласно принятой модели.

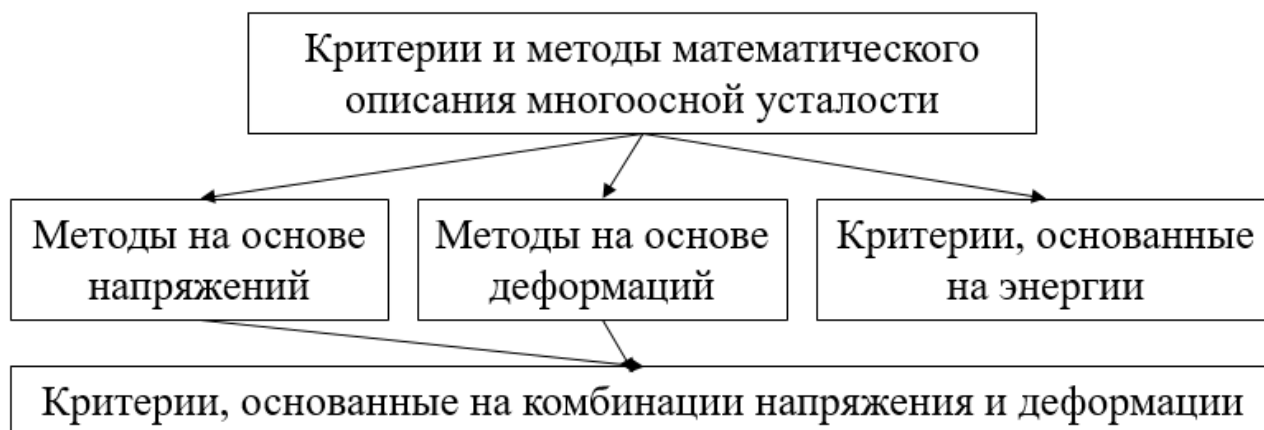


Рисунок 1 – Подходы к описанию многоосной усталости.

Критерии, основанные на напряжениях, используются при многоциклового усталости, поскольку пластическая деформация мала. Критерии деформации обычно используются при малоциклового усталости, например, при пластической деформации (эти критерии также могут использоваться при многоциклового усталости).

В режиме малоциклового усталости данные о долговечности связаны с амплитудой пластической деформации, а связь между пластической деформацией и усталостной долговечностью описывается уравнением Коффина – Мэнсона. Некоторые исследователи утверждают, что использование только компонентов напряжения или деформации недостаточно для улавливания затвердевания материала. По этой причине также были предложены критерии, основанные на сочетании компонентов напряжения и деформации или энергетических величин. Подходы, основанные на энергии, имеют и другие преимущества при работе с нагрузками переменной амплитуды [1].

Многие современные критерии основаны на концепции критической площадки. Понятие было введено Финдли в 1959 году. Основная идея критериев, основанных на концепции критической площадки – сведение сложного напряженного состояния к одноосному напряженному состоянию, действующему на критической площадке. Ориентация критической площадки выбирается в зависимости от преобладающего механизма разрушения материала. В данном направлении работали такие зарубежные исследователи, как Данг-Ван, Кроссланд, Мак Дермид, Пападопулос и др. Постановка критериев разрушения многоосного усталостного нагружения требовала получения большего количества экспериментальных данных, что спровоцировало активные исследования в данной области [3].

Модель Фатемид-Соси дает хорошие прогнозы для различных металлов и включает эффект среднего напряжения в параметр повреждения. Модель Фатемид-Соси представляет собой модель эквивалентного типа деформации. Критическая плоскость определяется как плоскость, в которой напряжение сдвига максимизируется. Кроме того, он включает в себя влияние среднего напряжения через максимальное значение нормального напряжения в критической плоскости. Модель суммируется в соответствии со следующей формулой:

$$\frac{\Delta\gamma_{\max}}{2} \left(1 + k \frac{\sigma_{n,\max}}{\sigma_y}\right) = \frac{\tau_f}{G} (2N_f)^{b_\gamma} + \gamma_f (2N_f)^{c_\gamma}, \quad (1)$$

где $\Delta\gamma_{\max}/2$ - максимальная амплитуда деформации сдвига;
 $\sigma_{n,\max}$ - максимальное растягивающее напряжение в критической плоскости;
 σ_y - предел текучести;
 G - модуль сдвига;
 τ_f - коэффициент усталостной прочности при сдвиге;
 b_γ - показатель усталостной прочности при сдвиге;
 γ_f - коэффициент пластичности при сдвиговой усталости;
 c_γ - показатель пластичности при сдвиговой усталости;
 k - параметр, который взвешивает воздействие нормальных напряжений на критической плоскости.

Критерий Смита – Ватсона – Топпера (SWT), первоначально сформулированный для учета эффекта среднего напряжения, использовался многими исследователями для анализа многоосной усталости в качестве подхода критической плоскости на основе деформации. Критерий Смита-Ватсона-Топпера применим только для одноосных и пропорциональных нагружений и описывает усталостное разрушение с развитием повреждений в виде микротрещин нормального отрыва в соответствии с формулой:

$$\sqrt{\langle \sigma_{1\max} \rangle \Delta\sigma_1 / 2} = \sigma_u + \sigma_L^{-\beta_L}, \quad (2)$$

где $\sigma_{1\max}$ - максимальное значение главного (растягивающего) напряжения;
 $\Delta\sigma_1$ - его размах в цикле нагружения.

Модель повреждений Варвани-Фарахани, объединяющая диапазоны нормальной энергии и энергии сдвига деформации, определенные по компонентам напряжения и деформации, действующим на критическую плоскость. Критическая плоскость определяется как точка, в которой круги Мора напряжений и деформаций являются наибольшими во время фаз загрузки и разгрузки цикла. Максимальные диапазоны напряжения сдвига и деформации сдвига получаются на критической плоскости, а диапазоны максимального нормального напряжения и нормальной деформации соответствуют точкам максимального и минимального напряжения сдвига и деформации на протяжении цикла. Нормальные и сдвиговые компоненты взвешиваются по свойствам осевой и крутильной усталости соответственно.

$$DP_{VF} = \frac{1}{\sigma_f \varepsilon_f} \Delta \sigma_n \Delta \varepsilon_n + \frac{1}{\tau_f \gamma_f} \left(1 + \frac{\sigma_{n,m}}{\sigma_f}\right) \Delta \tau_{\max} \frac{\Delta \gamma_{\max}}{2}, \quad (3)$$

где σ_f - коэффициент усталостной прочности;
 ε_f - коэффициент усталостной пластичности;
 τ_f - коэффициент усталостной прочности при сдвиге;
 γ_f - коэффициент усталостной пластичности при сдвиге;
 $\Delta \sigma$ и $\Delta \varepsilon$ - диапазоны нормальных напряжений и деформация в критической плоскости соответственно;

$\Delta \tau$ и $\Delta \gamma$ - диапазоны сдвигового напряжения и сдвиговой деформации соответственно;
 $\sigma_{n,m}$ - среднее значение нормального напряжения в критической плоскости.

Ган, Ву и Чжун (LWZ) предложили энергетическую модель, учитывающую энергию циклической пластической деформации. Для синфазных нагрузок параметр повреждения можно рассчитать по уравнению:

$$W_{p.IP} = 4\sigma_a^c \varepsilon_{p,a}^c \left(\frac{1-n'}{1+n'} \right) + 4\beta \tau_a^c \gamma_{p,a}^c \left(\frac{1-n'_0}{1+n'_0} \right), \quad (4)$$

где σ_c и τ_c - нормальное и касательное напряжения в критической плоскости;
 ε_{cp} и γ_{cp} - нормальная и сдвиговая пластическая деформация в критической плоскости;
 n' и n'_0 - показатели осевого и сдвигового циклического упрочнения;
 β - весовой коэффициент, учитывающий эффект повреждения при осевой и чистой скручивающей нагрузке.

Таким образом, на протяжении многих лет был предложен ряд критических параметров повреждения для расчета усталостного повреждения на основе различных комбинаций осевых и тангенциальных компонентов напряжения и деформации. Однако лишь немногие из них обеспечивают неизменно точные оценки усталостного срока службы для широкого спектра материалов и условий нагрузки. Хотя в настоящее время существует множество критериев для оценки срока службы, важно проверять многоосные усталостные модели в определенных ситуациях, поскольку все эти подходы более или менее точны для разных материалов с разными траекториями полезной нагрузки. Анализ данных теоретических и экспериментальных исследований в области усталостной прочности показывает важность изучения процессов накопления повреждений при периодически меняющихся нагрузках и экспериментальных исследований механического поведения конструкционных материалов для точной оценки усталостной прочности.

Библиографический список:

1. Малинин, В. Г. Применение энергетического метода к прочностной оценке ресурса трубопровода при наличии макродефекта / В. Г. Малинин, В. Л. Савич, К. С. Отев // Строительная механика и конструкции. – 2023. – № 1(36). – С. 42-54. – DOI 10.36622/VSTU.2023.36.1.005.
2. Никитин И.С., Бураго Н.Г., Журавлев А.Б., Никитин А.Д. Мультирежимная модель развития усталостных повреждений. Прикладная математика и механика, 2020, т. 84, № 5, с. 687–698.
3. Бураго Н.Г., Журавлев А.Б., Никитин И.С. Модели многоосного усталостного разрушения и оценка долговечности элементов конструкций. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела, 2011, № 6, с. 22–33.
4. Стратула Б.А. Математическое моделирование усталостного разрушения при высокочастотных изгибных колебаниях образцов из титановых сплавов. Математическое моделирование и численные методы, 2021, № 4, с. 45–57.
5. Bhaumik S., Sujata M., Venkataswamy M. Fatigue failure of aircraft components // Engineering Failure Analysis. - 2008. - Vol. 15, no 6. - P. 675-694.

Анализ отказов гидравлических систем лесозаготовительных машин

Андреев С. А.

Научный руководитель – Тимохов Р. С.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

Гидравлические системы играют важную роль в работе лесозаготовительных машин, обеспечивая передачу силы и управление различными функциями. Однако, как и любое другое техническое оборудование, гидравлические системы подвержены отказам, что может привести к проблемам в процессе работы и значительным финансовым потерям для предприятия.

Анализ отказов гидравлических систем лесозаготовительных машин является важной задачей, которая помогает определить причины возникновения сбоев и найти эффективные способы их устранения. В данной статье мы рассмотрим основные виды отказов гидравлических систем, а также методы диагностирования и ремонта. Понимание этих аспектов позволит повысить надежность работы гидравлических систем и сократить время простоя лесозаготовительных машин, что существенно повлияет на экономическую эффективность предприятия.

Отказы гидравлических систем могут возникать по разным причинам, от неправильного выбора компонентов и плохого качества материалов до ошибок в проектировании и эксплуатации системы. Это может привести к проблемам с подачей и контролем давления, утечкам масла, возникновению трещин и поломкам деталей.

Для анализа отказов гидравлических систем необходимо провести комплексное исследование, которое включает в себя следующие этапы:

1. Сбор информации о системе: на этом этапе проводится анализ технической документации, конструкции и настроек системы. Также особое внимание уделяется истории эксплуатации и обслуживания машины.

2. Диагностика отказов: здесь проводится проверка состояния компонентов системы, определение причин отказов и выявление их взаимосвязей. Используются различные методы, включая визуальное наблюдение, осмотр и измерение давления, температуры и скорости потока масла.

3. Анализ данных: на основе собранной информации проводится статистический анализ отказов, который позволяет определить наиболее часто встречающиеся причины и типы отказов. Это помогает определить приоритеты для устранения технических проблем и разработки мер по их предотвращению.

4. Разработка рекомендаций: на последнем этапе проводится анализ полученных данных и разработка рекомендаций по улучшению конструкции, выбору и эксплуатации гидравлических компонентов. Важно также определить необходимость обучения пользователей и механиков по вопросам обслуживания и ремонта системы.

Основные причины отказов гидравлических систем и их влияние на работоспособность лесозаготовительных машин. Гидравлические системы являются важной частью лесозаготовительных машин, обеспечивая плавное движение и выполнение различных операций. Однако, они также подвержены отказам, которые могут привести к снижению работоспособности и даже полному прекращению работы машин.

Одной из основных причин отказов является утечка рабочей жидкости. Это может происходить из-за износа уплотнительных элементов, повреждений шлангов или поршневых гильз. Утечка рабочей жидкости ведет к снижению давления и падению эффективности работы гидравлической системы. В результате, машина может стать медленной и неэффективной в выполнении задач.

Еще одной причиной отказов является загрязнение рабочей жидкости. В процессе эксплуатации лесозаготовительных машин, в гидравлическую систему могут попадать пыль, грязь и другие частицы. Загрязнение рабочей жидкости приводит к износу уплотнительных элементов, повреждению клапанов и засорению каналов. В результате, работоспособность машины снижается, а риск поломки увеличивается.

Также, ошибки при эксплуатации и неправильное обслуживание могут приводить к отказам гидравлической системы. Неправильная настройка клапанов, несоответствие рабочей жидкости требованиям производителя, недостаточная смазка и другие факторы могут вызывать сбои в работе системы. В результате, машина может оказаться неспособной выполнять задачи, возникнуть нагрузка на другие узлы машины и повысить риск поломки.

Выявление отказов и методы диагностики в гидравлических системах лесозаготовительных машин являются важной частью обслуживания и ремонта этого оборудования. Правильная и своевременная диагностика помогает предотвратить возможные поломки и увеличить срок службы машин.

Первым методом диагностики является визуальный осмотр системы. Тщательное наблюдение за состоянием гидравлических компонентов позволяет обнаружить видимые повреждения, такие как трещины, утечки или износ. Кроме того, визуальный осмотр позволяет проверить соединения и фиксаторы на предмет неправильной установки или поломки.

Вторым методом является измерение давления в гидравлической системе. По данным давления можно оценить работу системы и выявить возможные проблемы. Низкое давление может указывать на утечку или поломку гидравлических компонентов. Высокое давление может привести к износу или деформации деталей системы. Измерение давления производится с помощью гидравлического манометра, который подключается к системе и показывает текущее значение давления.

Еще одним методом диагностики является анализ рабочей жидкости. Изменение цвета, консистенции или запаха рабочей жидкости может указывать на наличие проблем в системе. Наличие металлических частиц может свидетельствовать о износе или поломке деталей. Для анализа жидкости используются специальные тест-киты или лабораторные исследования.

Дополнительным методом диагностики является контроль электрических сигналов. Гидравлические системы лесозаготовительных машин могут быть управляемыми электронно, поэтому проверка работоспособности электрических сигналов является необходимой. Это может включать проверку показаний датчиков, исправность клапанов и электронных модулей управления.

Важно отметить, что для успешной диагностики и обнаружения отказов в гидравлических системах лесозаготовительных машин необходимы специалисты с соответствующим опытом и знаниями.

Анализ случаев отказов гидравлических систем в реальных условиях эксплуатации лесозаготовительных машин позволяет выявить наиболее распространенные проблемы, которые приводят к снижению работы и эффективности оборудования. Это важно для того, чтобы разработать меры предотвращения таких отказов и повысить надежность работы машин.

Один из наиболее распространенных случаев отказов гидравлических систем – утечка масла. Проблема может возникать из-за неисправности уплотнительных элементов, повреждения шлангов или поршневых камер. При утечке масла снижается давление и производительность гидравлической системы, что может вызвать остановку работы машины. Для предотвращения подобных случаев рекомендуется регулярная проверка и замена устаревших уплотнительных элементов, а также обращение внимания на эксплуатацию и хранение гидравлического масла.

Другой частый случай отказов гидравлических систем – поломка гидравлических насосов. Это может быть вызвано низким качеством масла, загрязнением системы или износом подшипников и деталей насоса. Регулярная смена масла и фильтров помогает предотвратить загрязнение системы, а также рекомендуется проводить профилактическую замену или ремонт изношенных деталей.

Кроме того, важно обратить внимание на диагностику и ремонт клапанов гидравлической системы. Отказы клапанов могут привести к сбою всей системы и неполадкам в работе лесозаготовительных машин. Регулярная проверка и очистка клапанов помогает предотвратить такие ситуации, а также стоит обращать внимание на правильную настройку и регулировку клапанов.

Анализ случаев отказов гидравлических систем в реальных условиях эксплуатации лесозаготовительных машин является важной составляющей для повышения надежности и продолжительности работы оборудования

Для увеличения срока службы гидравлических систем лесных машин разработаны рекомендации по предотвращению и устранению отказов:

1. Правильная эксплуатация и техническое обслуживание. Одной из самых эффективных мер по предотвращению отказов в гидравлических системах лесозаготовительных машин является правильная эксплуатация и регулярное техническое обслуживание. Операторы должны быть обучены правильному использованию гидравлических систем, а также следить за состоянием машин и устранять мелкие неисправности вовремя.

2. Проверка уровня и качества рабочей жидкости. Регулярная проверка уровня и качества рабочей жидкости является важным шагом для предотвращения отказов в гидравлических системах. Низкий уровень или загрязнение рабочей жидкости может привести к неполадкам и поломкам. Поэтому необходимо периодически проверять уровень и очищать или заменять рабочую жидкость при необходимости.

3. Следить за состоянием ремней и шлангов. Ремни и шланги являются одной из самых уязвимых частей гидравлической системы. Их износ, повреждения или утечки могут привести к поломке всей системы. Регулярная визуальная проверка ремней и шлангов, а также их замена при необходимости, могут значительно снизить вероятность отказов.

4. Предупреждение перегрева. Перегрев рабочей жидкости может привести к поломке гидравлической системы. Чтобы предотвратить перегрев, необходимо обеспечить достаточное охлаждение системы, установив дополнительные радиаторы или выполнив регулярную очистку существующих. Также следует избегать многократных и продолжительных нагрузок на систему, которые могут вызвать ее перегрев.

5. Регулярная проверка и обслуживание фильтров. Фильтры в гидравлических системах предназначены для задерживания твердых и различных загрязнений, которые могут негативно сказаться на работе системы. Регулярная проверка и замена фильтров позволит избежать их засорения и повысит эффективность работы системы

Большие перспективы имеет применение для управления гидравлическими распределителями таких электрических исполнительных устройств как бесколлекторные, в том числе и шаговые, электродвигатели, соленоиды, приводы линейного перемещения, а также устройства привода на базе материалов с эффектом памяти формы (МЭПФ). Кроме того, на основе МЭПФ, можно создать автономные устройства для привода технологического оборудования машин.

Гидросистемы, управляемые электронными модулями, имеют высокий потенциал для их частичной автоматизации, и дают широкие возможности для роботизации технологических машин, на которых они используются.

Возможность роботизации – это обязательное условие для любой современной технологической машины. Уже имеется достаточно большой зарубежный практический опыт по постройке и применению лесозаготовительных машин с глубокой степенью автоматизации. Есть предпосылки к созданию полностью роботизированных технологических машин. Использование таких машин в будущем может значительно повысить эффективность лесозаготовок.

Однако в настоящее время серийные роботизированные лесные машины не производятся. Причиной отказа от таких машин на данный момент является отсутствие успешных прототипов, годных к выпуску в серию, а также их высокая стоимость, техническая сложность и низкая конкурентоспособность по сравнению с классическими машинами лесного комплекса.

Если рассматривать с точки зрения роботизации современные харвестеры, выпускаемые зарубежными фирмами, то можно прийти к выводу, что они являются весьма слабо роботизированными системами. Ведь единственная полностью автоматическая функция, выполняемая ими, это раскрой, маркировка и учет сортиментов, заготовленных в процессе работы. Остальные операции оператор вынужден проводить на ручном управлении, среди них можно отметить и самую сложную операцию: подвод манипулятора и захват ствола дерева.

Рациональное решение проблемы автоматизации операции наведения манипулятора и захвата ствола было давно найдено – для этого был использован лазерный луч, наводимый оператором на выбранное для повала дерево.

Без подходящей технической реализации системы управления технологическим оборудованием данный метод наведения оказался не востребован.

Библиографический список:

1. Пилюшина, Г. А. Анализ причин отказов лесозаготовительной техники / Г. А. Пилюшина, Б. Н. Прусс // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2007. – № 18. – С. 34-38. – EDN TZQKNV.
2. Исследование причин отказов деталей зарубежной и отечественной лесозаготовительной техники / В. А. Марков, В. И. Кретинин, А. Н. Марков [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 216. – С. 155-165. – DOI 10.21266/2079-4304.2016.216.155-165. – EDN WXDOQB.
3. Ерахтин Д. Д., Багин Ю. И. Гидросистемы лесозаготовительных машин (эксплуатация и ремонт). – М.: Лесная промышленность, 1979. – 200 с.



АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| А | Григорьев Л. Ю..... 326 | Лютюев А. А. 356 |
| | Гуляева С. Т..... 271 | |
| | Д | М |
| Автамонов В. А..... 373 | Дворецкая П. С..... 277 | Мадебейкин А. А..... 254 |
| Андреев М. А..... 347 | Девальтовский Е. Э..... 115 | Макаров А. И. 365 |
| Андреев С. А..... 453 | Дементьев И. А. 28, 431 | Мальцев К. А..... 123 |
| | Демченко Н. П..... 190 | Мамонтов А. Р..... 445 |
| | Денисов М. А..... 450 | Маракова И. А. 218 |
| | Денисов С. А..... 264 | Маринин Д. А. 129 |
| | Дмитрова О. В. 287 | Матвеев В. И. 356 |
| | Дымов В. А..... 147 | Меньникова А. Ю. 351 |
| | | Михайленко Е. В..... 94, 110 |
| | З | Михеев Д. М..... 361 |
| | Заборовская В. В..... 208 | Михеев М. А..... 160 |
| | Зуева И. Л..... 70, | Михеев. М. А..... 164 |
| | 74, 79, | Михитаров А. Р..... 443 |
| | 91, 103 | Мотрюк Е. Н..... 308, 351 |
| | | Мужикова А. В..... 340 |
| | | Мучкинова Л. И. 411 |
| | | |
| | И | Н |
| | Иванов Г. С..... 99 | Нгуен Ван Тхань..... 24 |
| | | Нгуен Тхе Хиен..... 34 |
| | | Нугуманов Г. Р. 65 |
| | | |
| | К | О |
| | Канев Д. Е..... 382 | Овадькова Ж. В. 425 |
| | Канюков А. А..... 271 | Овчарова Т. А..... 214 |
| | Карабанов Б. Д..... 43 | Овчинникова Ю. С..... 82 |
| | Каргин К. А..... 43 | Оленич Г. С..... 91 |
| | Киборт И. Д..... 99, 123 | Орлов А. В..... 232 |
| | Кириякин А. А. 46 | Осколкова М. Д..... 199 |
| | Климова Ю. И. 249 | Отев К. С..... 66, 419, |
| | Клишев М. Н..... 416 | 422, 428, |
| | Козлов Д. М..... 300 | 431, 450 |
| | Коптяев Д. Л..... 82, 87 | |
| | Котова Л. Р..... 416 | |
| | Кочкин Н. В..... 425 | |
| | Кривко Д. А..... 388 | |
| | Крутецкий Е. С..... 268 | П |
| | Крюков В. М..... 160 | Паламарчук В. И. 136 |
| | Кудряшова О. М. 300 | Панкратова К. В. 187 |
| | Култашев А. К. 190 | Печенко Н. С. 422 |
| | Кусякова И. И. 340 | Пильник Ю. Н..... 445 |
| | | Подоров А. А..... 239 |
| | | Полетаев С. В. 37 |
| | Л | Полетаева С. Н..... 62 |
| | Лабутин К. П..... 167 | Полиотов Н. М..... 170 |
| | Лебедь А. Д..... 356 | Полтавцева М. А. 239 |
| | Легостаев Н. Ю. 230 | Пономарёва Е. А. 323 |
| | Логачёв Ю. Л..... 176, 182 | Попов М. В. 295 |
| | Лысенко А. С..... 176 | |
| | | |
| Б | | |
| Бабариков Д. А..... 214 | | |
| Базанова Е. Ю..... 50 | | |
| Базарова А. М. 28, 66, | | |
| 419, 431 | | |
| Базарова И. А. 244, 277 | | |
| Барменков В. С..... 445 | | |
| Басыров Р. Р. 65 | | |
| Белых В. В. 54 | | |
| Бельский А. А. 24 | | |
| Белякова А. А. 12 | | |
| Берг Н. В..... 232 | | |
| Бобылев А. И. 400 | | |
| Бобылева Т. В. 392, 397 | | |
| Бобылёва Т. В. 373, 382 | | |
| Борейко Д. А. 12, | | |
| 365, 378, | | |
| 388, 400 | | |
| Борисова В. В..... 103 | | |
| Бурдейный А. Э. 235 | | |
| Бырканов С. В. 19 | | |
| | | |
| В | | |
| Вайник К. В..... 37 | | |
| Варанкина Ю. А. 142 | | |
| Ведерников Д. А..... 305 | | |
| Вельтистова О. М..... 203 | | |
| Вергун М. Ю..... 347 | | |
| Ветренникова Н. С..... 351 | | |
| Видзон М. А..... 94 | | |
| Винокуров С. И..... 39 | | |
| Волкова Х. Ф. 392 | | |
| Володина М. В. 312 | | |
| Вороник А. М..... 176, 182 | | |
| Вяткин К. В. 154 | | |
| | | |
| Г | | |
| Гапотченко А. А. 123 | | |
| Герберт Д. В. 244, 316 | | |
| Голиков Н. Р..... 194 | | |
| Головина К. К. 289 | | |
| Гольфингер А. Н..... 433 | | |

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Попов Н. А..... 157
 Потопицына А. В. 218
 Пуртова А. Д..... 218
 Пухова Е. И. 425
 Пыстин Г. С..... 139

Р

Рахмонов О. В. 208
 Романов И. А. 308
 Ростовщиков В. Б. 194,
 199, 230
 Рочев К. В..... 295
 Ръжакова А. А. 79
 Ръженкова Е. В..... 70

С

Сабельников М. Ю. 203
 Савин В. В..... 445
 Савич В.Л..... 445
 Савченко В. С. 164
 Сайнов Б. К..... 22
 Сапрыкина Л. Э. 400
 Сбитнева Я. С. 235
 Севостьянова О. П. 433
 Седова С. А..... 283
 Семяшкина Е. И..... 19
 Сердюкова Я. В..... 428
 Сирота А. В. 214
 Смирнов Ю. Г..... 254
 Смирнов Ю. Г..... 249, 259
 Соловьев С. Е..... 252
 Сосипатрова А. А. 74
 Старинец А. Н. 397

Старцев А. Э..... 39
 Стрельский Д. А..... 365
 Стрюков П. В. 244, 316
 Сурай С. А..... 308
 Сурыгин И. И..... 443
 Сурыгин С. И..... 443
 Суханов А. А..... 259

Т

Тарамов Ю. Х. 22
 Терентьева Е. А..... 312, 323
 Тетеревлева Е. В. 43
 Тимохов Р. С. 437, 453
 Тимохова О. М. 440
 Токарь Б. В..... 437
 Томилова В. А. 87
 Тотков К. О..... 271
 Тропин Д. И..... 440
 Трохов В. В..... 176, 182
 Туголукова И. А..... 50

У

Уляшева Н. М..... 136, 170
 Умняев В. Г. 223
 Уторов Д. А. 223

Ф

Федоренко Д. Д..... 115
 Фоменко Д. Д..... 411

Х

Хабаева Е. В. 347

Хайдаров О. Ш. 208
 Хламов В. А..... 378
 Хохлов М. В. 54

Ц

Цуканова А. Н..... 129,
 139, 142,
 147, 154,
 157, 167

Ч

Чувашов А. А. 264
 Чукилев А. Е..... 37

Ш

Шилова С. В..... 283,
 287, 289
 Ширинкина В. М. 187
 Шпаковский Д. В..... 252

Щ

Щетинин Е. В..... 46, 50, 62

Э

Элдышев А. Ю. 110

Ю

Южакова И. В..... 312

