

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Нефтегазодобыча и гидропневмоавтоматика»

Студенческий научный движ

Материалы научно-технической
конференции аспирантов, магистрантов, студентов



Гомель, 25 марта 2025 года

УДК 622.2+621.1

ББК 33.1

С88

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. Г. В. Петришин,
д-р геол.-мин. наук, проф. В. Д. Порошин

Редакционная коллегия

А. Б. Невзорова (д-р техн. наук, проф.)

М. Г. Гегедеш (канд.техн.наук, доц.)

О. К. Абрамович, Ю. А. Андреевец, Т. В. Атвиновская,

Г. С. Кульгейко, С. Л. Порошина, И. С. Шепелева

(старшие преподаватели, магистры)

Студенческий научный движ : материалы научно-технической конференции
С88 аспирантов, магистрантов, студентов, Гомель, 25 марта 2025 г. [Электронный
ресурс] / под общ. ред. д.т.н., проф. А. Б. Невзоровой. – Гомель : ГГТУ им.
П. О. Сухого, 2025. – 81 с.

Содержит материалы студенческой научно-технической конференции по
направлениям машиностроение и разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений.

Для широкого круга читателей.

УДК 622.2+621.1

ББК 33.1

© Оформление. Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ СИЛЫ ПОТОКА НА РАБОТУ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КЛАПАНОВ Железнякова Ю.И. (аспирант).....	6
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПАЗОВ Фоменок М.Н. (аспирант).....	7
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ВЫНОСУ ПРОППАНТА Дубина Д.А. (магистрант).....	8
ВЛИЯНИЕ РАССОЛОНЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН СКВАЖИН НА ПРИМЕРЕ ПОДСОЛЕВОЙ ЗАЛЕЖИ ЗОЛОТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Майлат Я.А. (аспирант).....	9
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ Чернецкий С.И. (аспирант).....	10
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Гурбан О.К. (аспирант).....	12
АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЧАСТИЦ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ Невзоров М.В. (аспирант).....	13
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ГЕОМЕТРИИ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ Войтехин О.Л. (аспирант).....	15
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ Борсук Е.А. (магистрант).....	16
ВЛИЯНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ НЕФТИ В УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ Асвинова П.В. (магистрант).....	17
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ Котов А.В. (аспирант).....	18
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА Юй Янян (аспирант).....	20
ВСКРЫТИЕ АНОМАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ РАЗРЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ Авласенко И.С. (магистрант).....	21
ЗАСОЛОНЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ Машечко Е.И. (магистрант).....	22
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ЖИДКОСТИ РАЗРЫВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА Климович В.А. (магистрант, ЗНГИ-11).....	24
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОЗДУХА НА ОБЪЕМНЫЙ КПД НАСОСА Дубинский В.А. (студент, гр. ГА-31).....	25
ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ Писарев В.Ю. (студент, гр. НР-31).....	27

БУРОВОЙ РАСТВОР “POLYSOLT”	
Яночкин В.Н. (студент, гр. НР-31).....	28
МЕТОДЫ ВТОРИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА	
Мироненко А.С. (студент, гр. НР-31).....	29
БУРЕНИЕ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ РОТОРНО УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ	
Мамрук Р.Е. (студент, гр. НР-31).....	31
СОЛЯНО-КИСЛОТНЫЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА КАК МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ	
Литош М.К. (студент, гр. НР-31).....	32
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА	
Снарская Д.С. (студент НР-31).....	34
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ МАЛЫХ ДИАМЕТРОВ	
Хулуп Д.В. (студент, гр. ГА-21).....	35
СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОПРИВОДЕ	
Забиран К.Д. (студент, гр. ГА-21).....	37
АНАЛИЗ ЧИСТОВЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕРВОМЕХАНИЗМОВ	
Зорин М.А. (студент, гр. ГА-21).....	38
ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
Кузьменков С.С. (студент гр. ГА-21).....	39
СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАВИТАЦИИ В ГИДРОДВИГАТЕЛЯХ ПРИ РАБОТЕ С ПОПУТНОЙ НАГРУЗКОЙ	
Жуков Д.А. (студент гр. ГА-41).....	41
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТЕНДА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	
Пронин П.Д. (студент гр. ГА-41).....	43
МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ДЛЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ	
Баранов А.М. (студент гр. ГА-41).....	44
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СМАЗОЧНЫХ СИСТЕМ	
Хоменок Я.А. (студент гр. ГА-41).....	46
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОТОРНЫХ И МОДУЛЬНЫХ РОТОРНЫХ БУРИЛЬНЫХ СИСТЕМ	
Тихонов М.С. (студент, гр. НР-31).....	48
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДУКТИВНОСТИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	
Литош М.К. (студентка, гр. НР-31).....	49
РАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГИС С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАСТОВ КОЛЛЕКТОРОВ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Казак Р.А. (студент, гр. НР-21).....	50
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН	
Панов Н.А. (студент, гр. НР-31).....	51
МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ВЫЗОВА ПРИТОКА И ОСВОЕНИЯ	
Лехнович В.Н. (студент гр. НР-31).....	53
КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИНЫ	
Лобан А.В. (студент, гр. НР-31).....	54
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА	
Лапин А.Д. (студент, гр. НР-41).....	55

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ	
Клепча Н.С. (студент, гр. НР-21).....	57
РАСЧЕТ ГАЗЛИФТНОГО ПОДЪЕМНИКА И ПУСКОВЫХ ДАВЛЕНИЙ	
Евсиков Е.А. (студент, гр. НР-31).....	58
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОРШНЕВОГО НАСОСА	
Никитин А.В. (студент, гр. ГА-31).....	60
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ ГОРНЫХ МАШИН	
Василец Н.А. (студент, гр. ГА-41).....	61
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ	
Хоменок Я.А. (студент гр. ГА-41).....	63
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПРУГОСТИ ЖИДКОСТИ НА РАБОТУ ОБЪЕМНОГО НАСОСА	
Новак М.Д. (студент, гр. ГА-31).....	64
АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ФИЛЬТРА ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Астапенко И.А. (студент, гр. ГА-41).....	65
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОСИСТЕМЫ	
Клевжиц Д.А. (студент гр. ГА-41).....	66
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ЖАТКИ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ ОТКАЗОВ	
Пальчун А.И. (студент гр. ГА-51).....	68
КОПИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПРИ РАБОТЕ КОМБАЙНА	
Лапотько В.В. (студент, гр. ГА-51).....	70
ВЫБОР РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СТАНОЧНОГО ГИДРОПРИВОДА	
Мишко А.Ю. (студент группы ГА-51).....	71
АНАЛИЗ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТАНКА	
Горбов Р.А. (студент гр. ГА-51).....	73
СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА	
Ключко У.В. (студент, гр. НР-41).....	74
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИИ, КАК ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА	
Снарская Д.С. (студент, гр. НР-31).....	76
РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА	
Бугримов А. А. (студент, гр. НР-41).....	77
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКОЙ ПЕРФОРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СКВАЖИНАХ СО СЛОЖНЫМИ ИСКРИВЛЕННЫМ ПРОФИЛЕМ СТВОЛА	
Горбачев П.А. (студент, гр. НР-31).....	79

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВИВШЕЙСЯ СИЛЫ ПОТОКА НА РАБОТУ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КЛАПАНОВ**Железнякова Ю.И. (аспирант)***Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова: гидравлические распределители, клапаны, золотник, дросселирующие канавки*

Актуальность. Гидравлические распределители являются ключевыми элементами гидравлических систем, обеспечивающими регулирование потока рабочей жидкости. Одним из важных параметров, влияющих на их работу, является установившаяся сила потока, которая возникает при движении жидкости через каналы и дросселирующие элементы. Увеличение скорости потока и изменение конструкции канавок могут существенно повлиять на характеристики клапанов, такие как расход, давление и устойчивость работы. В статье рассматривается влияние установившейся силы потока на производительность гидравлических клапанов, а также анализируются различные конструкции дросселирующих канавок.

Цель работы – анализ и исследование новых конструкций канавок и методов управления установившейся силой потока для повышения производительности гидравлических систем.

Анализ полученных результатов. Установившаяся сила потока – это сила, действующая на элементы клапана (например, золотник) при стабильном движении жидкости. Она зависит от скорости потока, давления и конструкции клапана. Исследования показывают, что изменение установившейся силы потока является основной причиной проблем в работе гидравлических распределителей [1]. При увеличении хода золотника выходной расход увеличивается до достижения максимального значения, после чего остаётся постоянным. При этом установившаяся подача жидкости сначала увеличивается, а затем уменьшается. Направление установившейся силы потока противоположно направлению движения золотника, что способствует закрытию клапана, а увеличение нагрузки приводит к уменьшению установившейся силы потока.

Дросселирующие канавки играют ключевую роль в регулировании расхода жидкости в гидравлических клапанах. Их форма и конструкция определяют характеристики потока, такие как скорость, давление и сила. При исследовании трех типов дросселирующих канавок с различными структурными характеристиками, а именно сферические, треугольные и расходящиеся U-образные канавки, с помощью CFD-анализа было установлено, что установившаяся сила потока в треугольных и расходящихся U-образных канавках увеличивается почти линейно с увеличением проходного отверстия [2]. Разница между расчетным значением установившегося усилия потока и соответствующее экспериментальное значение постепенно увеличивается с увеличением отверстия. При полном открытии проходного канала клапана сопротивление потоку практически исчезает. А также при резком увеличении скорости измеренное значение установившейся силы потока резко возрастает.

При проведении статического моделирования U-образных, K-образных и комбинированных дросселирующих канавок определили, что K-образные канавки обеспечивают хорошие линейные характеристики расхода при увеличении открытия клапана, а комбинированные канавки U + K демонстрируют колебания расхода на стыке. Установившаяся сила потока в U-образных и K-образных канавках направлена в сторону закрытия клапана и увеличивается с ростом открытия, а также способствует закрытию клапана [3].

Заключение. Исследования установившейся силы потока и конструкции дросселирующих канавок показали, что эти факторы играют ключевую роль в работе гидравлических распределителей. Увеличение скорости потока и изменение формы канавок могут существенно повлиять на характеристики клапанов, такие как расход, давление и устойчивость. Для обеспечения стабильной и эффективной работы гидравлических систем необходимо учитывать влияние установившейся силы потока на движение золотника, форму и конструкцию дросселирующих канавок и условия эксплуатации, такие как нагрузка и скорость потока.

Благодарность. *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Д.Л. Стасенко, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Технология машиностроения», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

Список литературы

- 1 Железнякова, Ю. И. Конструктивные особенности гидрораспределителей / Ю. И. Железнякова // Технические решения : науч.-практ. конф. магистрантов и аспирантов, Гомель, 23 января 2023 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; редкол.: Г. В. Петришин [и др.]. – Гомель, 2023. – С. 8.
- 2 Железнякова, Ю. И. Исследование особенностей проектирования гидроаппаратов золотникового типа / Ю.И. Железнякова, Д.Л. Стасенко // Второй Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования Республики Беларусь: сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: В. М. Пашкевич (общ. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 21 – 22.
- 3 Стасенко, Д.Л. Теоретические положения формирования проточной части гидроаппаратуры при форсировании по давлению / Д.Л. Стасенко, Д.В. Лаевский // Актуальные вопросы машиноведения: сб. научных трудов. Вып. 1. - Минск, 2012. – С. 282– 286.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПАЗОВ**Фоменок М.Н. (аспирант)***Гомельский государственный технический университет П.О. Сухого, Республика Беларусь***Ключевые слова:** *технологический процесс, фрезерование, механическая обработка, паз*

Актуальность. Эффективность производства его технический прогресс, качество выпускаемой продукции во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин, станков и аппаратов, от внедрения методов технико-экономического анализа [1, 2]. В настоящее время машиностроение располагает мощной производственной базой, выпускающей свыше четверти всей промышленной продукции республики [5]. Неотъемлемой частью производства является улучшение технологических процессов и внедрение их в производство [3, 4].

Цель работы – модернизировать технологический процесс с уменьшением трудоемкости, энергетических затрат и снижением себестоимости детали. Разработать технологический процесс с применением новых режимов резания и расчетом припусков на механическую обработку, при этом соблюдать все конструкторские требования к детали согласно документации. Сократить количество механических операций при металлообработке детали, тем самым упростить производственный технологический процесс механической обработки, тем самым повысить производительность. Снизить экономические, энергетические и физические показатели затрачиваемые на обработку детали.

Анализ полученных результатов. При анализе базового технологического процесса механической обработки детали типа «Стакан» можно обнаружить две фрезерные операции с ЧПУ выполняемые на станке модели ГФ 2171С5. В первой операции выполняется механическая обработка отверстий таких как: 1) центрование отверстий в количестве 12 штук; 2) сверление шести отверстий Ø13; 3) сверление отверстий под резьбу Ø6,5 в количестве 4, двух отверстий Ø 10,2, 4) нарезание резьбы М8, М12; 5) цекование 6 отверстий Ø25. Во второй операции фрезерование пазов R12,5 в количестве четырех штук. Затраченное время на обработку (штучно-калькуляционное время) составляет: первая операция 14,069 мин, вторая 8,4 мин. В связи с полученными данными можно объединить две механические операции, так как технологическая и конструкторская база совпадает. Выполняется соблюдение технических требований, регламентирующие точность, параметр шероховатости поверхности, допуска форм и расположений, объем годового выпуск изделий предоставляют возможность организации поточного производства [2].

Закключение. В результате совмещения двух фрезерных операций с ЧПУ на станке модели ГФ 21715, были рассчитаны режимы резания такие как: подача, частота вращения шпинделя, число проходов режущего инструмента. Было рассчитано время механической обработки – штучно-калькуляционное время, которая включало в себя: основное и вспомогательное время. Основное время снижалось за счет повышение скоростей перемещении суппортов, головок стола станка, уменьшения числа рабочих и вспомогательных ходов.

Вспомогательное время уменьшалось за счет, совмещение технологических баз, снижение времени на управление станком $t_{уп.}$, при совмещении операций уменьшилось время на смену инструмент $t_{с.и.}$ и уменьшилось время на установку детали $t_{у.}$. Так же снизилось время, затрачиваемое только при отладке программы $t_{изм}$ [3].

Итоговое время при совмещении двух фрезерных операций составило (штучно-калькуляционное время) 19,0 мин. Тем самым снижаются экономические затраты на заработанную плату основным рабочим, энергетическое потребление станка, увеличивается производительность. Показатели, характеризующие трудоёмкость, материалоёмкость, требования к точности изготовления, дают конкретные представления при сравнении с базовым технологическим процессом. Разработанный технологический процесс обеспечивает повышение производительности труда и сохранение качества детали согласно конструкторской документации, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию, уменьшение вредных воздействий на окружающую среду.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, доктор технических наук, профессору, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям / [К. В. Буйкус и др.]; под редакцией Ф. И. Пантелеенко; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2010. – 342 с.
2. Дальский А. М. Справочник технолога-машиностроителя. – Общество с ограниченной ответственностью Научно-техническое издательство Машиностроение, 2001. – С. 856.
3. Попок Н.Н. Универсализация вращающихся режущих инструментов на основе унифицированных конструктивных модулей / Н.Н. Попок. Р.С. Хмельницкий, В.С. Анисимов, Д.А. Башлачёв. //Вестник Полоцкого

государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2025. – Т. 51. – №. 1. – С. 20–28. DOI:https://doi.org/10.52928/2070-1616-2025-51-1-20-28.

4. Грубый С.В., Зайцев А. М. Исследование концевых фрез при фрезеровании корпусных деталей из алюминиевых сплавов //Машиностроение и компьютерные технологии. – 2013. – №. 12. – С. 31-54.

5. Путятю, А.В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.

УДК 622.276

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ВЫНОСУ ПРОППАНТА

Дубина Д.А. (магистрант)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова : гидроразрыв пласта, проппант, расклинивающий агент, технология

Актуальность. В настоящее время большинство объектов разработки в белорусском регионе находится на четвертой стадии разработки [1]. Одним из передовых методов нефтедобычи является использование метода гидравлического разрыва пласта (ГРП) для интенсификации добычи нефти [3, 4]. Типичным осложнением данного ГТМ является вынос проппанта [4, 5]. В этой связи разработано значительное количество технологий, а также материалов, которые в той или иной степени препятствуют выносу расклинивающих агентов после проведения ГРП [6].

Цель работы – провести сравнительный анализ технологий, а также материалов, которые в той, или иной степени препятствуют выносу расклинивающих агентов после проведения ГРП.

Анализ полученных результатов. Ряд технологий, активно применяемых на белорусских месторождениях:

- полимерно-покрытые и осмоленные проппанты.
- смеси с проппантом микроволокнистого материала.
- закачка клейких химических композиций на завершающих этапах операции ГРП.
- оптимизация темпа отбора скважинной жидкости в целях недостижения критических значений.
- установка сетчатых фильтров либо отсыпка гравийных фильтров.

Наиболее эффективным методом является применение проппанта с покрытием из термореактивных синтетических смол (рисунок). Данные материалы обладают высокой адгезией либо, под действием забойных условий (давление/температура) химически спекаются в зонах контакта частиц как между собой, так и с породой, обеспечивая высокопрочную упаковку материала в ПЗП. Применяется на завершающих этапах операции ГРП. Указанный материал удобен в применении, не требует значительных экономических затрат при применении.



Рисунок 1 – Проппант керамический с покрытием из термореактивных синтетических смол

При исследовании влияния был выбран ряд объектов, где был использован проппант с покрытием из термореактивных синтетических смол. Использование данного проппанта способствовало снижению выноса в постоперационный период на всех используемых месторождениях.

Заключение. Преимущество замены расклинивающих агентов на проппант с покрытием из фенолформальдегидных смол – отсутствие выноса проппанта непосредственно после нормализации забоя и освоения скважины; отсутствие выноса проппанта после ГРП во время вывода скважины на режим; отсутствие выноса проппанта во время эксплуатации скважины после ГРП. Данный эффект достигается за счёт естественного снижения показателя проницаемости.

Благодарность. Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, доктору технических наук, профессору, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
2. Ткачев Д.В. Оценка возможности повышения качественных характеристик кварцевого песка для ГРП методом нанесения полимерного покрытия/ Д.В. Ткачев, А.М.Валенков, А.Л. Богланов, А.Г.Ракутько. – Нефтяник Полесья. – 2024. – № 2 (46). – С. 104–109.
3. Климович В.А. Анализ влияния значений потерь давления на трение при проведении тестовых закачек на успешность выполнения основного ГРП при освоении скважин по технологии Р&Р МГРП/ В.А.Климович, К.В. Мироненко. – Нефтяник Полесья. – 2024. – № 2 (46). – С. 96–99.
4. Акимов О.В., Гусаков В.Н., Мальцев В.В., Худяков Д.Л. Потенциал технологий закрепления проппанта для повышения эффективности ГРП // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 11. – С. 31-33.
5. Порошин В.Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебн. пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
6. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О. Л. Войтехин, А. Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3.— С. 67-79.

УДК 622.276/.279

ВЛИЯНИЕ РАССОЛОНЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПЛАСТОВЫХ ПОРОД ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН СКВАЖИН НА ПРИМЕРЕ ПОДСОЛЕВОЙ ЗАЛЕЖИ ЗОЛОТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Майлат Я.А. (аспирант)

*РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Республика Беларусь
Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь*

Ключевые слова: рассолонение, подсолёвые залежи, призабойная зона, нефтяная скважина

Актуальность темы. Нефтяные месторождения Республики Беларусь залегают в засоленных коллекторах. Способность галита растворяться при взаимодействии с закачиваемыми для ППД водами, приводит к изменению свойств пород в процессе разработки нефтяных залежей, что сильно отражается на показателях работы скважин. Поэтому учет процесса растворения галита в пласте необходим для объективной оценки показателей работы скважин и планирования геолого-технических мероприятий.

Цель работы – оценка степени изменения характеристик продуктивных пород в призабойных зонах скважин, в которых при разработке залежей нефти происходит процесс растворения катагенетического галита, при гидродинамическом моделировании.

Для подсолёвых, межсолёвых и внутрисолёвых отложений Припятского прогиба характерно присутствие галита в поровом пространстве. Заполнение пор и вторичных пустот солью резко снижает фильтрационно-емкостные свойства пород на начальных стадиях разработки нефтяных месторождений [1]. При взаимодействии с закачиваемыми в нефтяные залежи водами фильтрационно-емкостные и фильтрационные свойства продуктивных пород претерпевают существенные изменения за счет растворения вторичного галита. Это свидетельствует о необходимости изучения данного процесса и учета особенностей его проявления при проведении поисково-разведочных работ, подсчете запасов нефти, анализе, контроле, моделировании и регулировании разработки нефтяных залежей. Одним из методов оценки влияния процесса рассолонения на разработку нефтяных месторождений является построение численных гидродинамических моделей.

По результатам исследований засоления подсолёвой залежи Золотухинского месторождения [2] было показано, что химический состав попутных вод добывающих скважин формировался не только за счет смешения закачиваемых и пластовых вод, но и за счет растворения катагенетических галитовых выполнений трещин, пор и каверн, что увеличивает эффективную пористость и проницаемость пласта-коллектора. Показано [3], что

попытки воспроизведения истории разработки на модели классическими методами адаптации не закончилось успехом. В работах [4, 5] рассолонение коллектора моделировалось путем многократного итеративного увеличения проницаемости каналов фильтрации между добывающими и нагнетательными скважинами. Однако использование данного метода существенно утяжеляет итоговую гидродинамическую модель, замедляя итоговое время расчета, и затрудняет проведение прогнозных расчетов ГТМ на ней. В текущей реализации воспроизведение исторических показателей было достигнуто путем подбора объема законтурной области и исходного куба проницаемости, достаточного для обеспечения текущей энергетики залежи. Процесс рассолонения был воспроизведен путем увеличения проводимости межскважинных участков исходя из фактического темпа обводнения скважин.

Показано, что в результате растворения галита в поровом пространстве, изменяется также и проницаемость призабойных зон скважин, и, как следствие, увеличивается их коэффициент продуктивности. По результатам адаптации гидродинамической модели, для скважин семилукско-саргаевской залежи с исходной проницаемостью 20-70 мД для направления потоков воды и имитации рассолонения проводимость в межскважинном пространстве увеличивалась до 10 раз, в приразломных зонах – до 100 раз. Коэффициенты продуктивности скважин после прихода воды к забою при этом увеличились до 10 раз. В качестве перспективного направления для дальнейшего повышения качества моделирования видится задание начального распределения пластовой соли в пласте в явном виде для моделирования процесса вымывания галита пресной или слабоминерализованной водой, а также расчет эффективности геолого-технических мероприятий, направленных на изменение фильтрационных потоков на текущей ГДМ.

Заключение. В результате проведенных исследований изучены причины и особенности изменения фильтрационно-емкостных свойств засоленных продуктивных пород в процессе эксплуатации добывающих скважин нефтяных месторождений Припятского прогиба, рассчитано и смоделировано изменение фильтрационно-емкостных свойств горных пород на примере подсолевой залежи Золотухинского месторождения, выделены перспективные направления для исследования и дальнейшего повышения качества моделирования засоленных коллекторов.

Выражаю признательность и благодарность Порошину Валерию Дмитриевичу, доктору геолого-минералогических наук, профессору кафедры «НГР и ГПА» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. К вопросу изучения засоленных коллекторов Припятского прогиба геофизическими методами / В. Д. Порошин, Качура, И. В.; Козырева, С. В.; Порошина, С. Л.; Семенова, В. А. // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 1. – С. 81–93.
2. Порошин, В. Д. Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений. / В. Д. Порошин, В. В. Муляк – М.: Недра, 2004. – 220 с.
3. Основные направления изучения засоленных коллекторов нефтяных месторождений Республики Беларусь / В. Д. Порошин [и др.] // Современные проблемы машиноведения: материалы XII МНТК, Гомель, 22-23 нояб. 2018 г. / Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – с. 290-292.
4. Жогло, В. Г. Геолого-гидродинамические условия разработки залежей нефти в засоленных карбонатных коллекторах (на примере Золотухинского и Осташковичского месторождений Припятского прогиба) [монография] / В. Г. Жогло, С. И. Гримус. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 170 с.
5. Порошин, В. Д. Оценка изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промысловых работ по рассолению продуктивных коллекторов на скважинах Березинского месторождения нефти в Припятском прогибе / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Літасфера. - 2022. - № 1. - С. 102-118.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Чернецкий С.И. (аспирант)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: характеристики металлов, прочность, пластичность, эксплуатация, машиностроение

Актуальность: В современном машиностроении выбор материалов играет ключевую роль в обеспечении надежности, долговечности и эффективности работы машин и механизмов [1]. Металлы, благодаря своим уникальным физико-механическим свойствам, занимают центральное место в производстве. Понимание

характеристик различных металлов и их поведения в различных условиях эксплуатации является необходимым для оптимизации проектирования и повышения качества продукции [2, 3].

Цель работы является анализ основных характеристик металлов, таких как прочность, пластичность, твердость и коррозионная стойкость, а также их влияние на выбор материалов для различных машиностроительных приложений. В работе рассматриваются как традиционные, так и современные металлы, используемые в машиностроении.

Анализ полученных данных: при анализе характеристик металлов можно выделить несколько ключевых аспектов:

1. Прочность – способность материала сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок. Сталь, например, обладает высокой прочностью, что делает её идеальным выбором для конструкций, требующих высокой надежности [4].

1.1 Сталь: прочность на растяжение для углеродистой стали может варьироваться от 370 до 700 МПа в зависимости от марки. Например, сталь марки S235 имеет предел прочности на растяжение около 360-510 МПа.

1.2. Алюминий: прочность на растяжение для алюминиевых сплавов, таких как 6061, составляет примерно 310 МПа. Это значительно ниже, чем у стали, но алюминий легче и обладает хорошей коррозионной стойкостью. Например в производстве автомобильных кузовов часто используется сталь S420, которая имеет высокую прочность (420 МПа) и хорошую пластичность, что позволяет создавать безопасные и легкие конструкции.

2. Пластичность – способность материала деформироваться без разрушения. Металлы с высокой пластичностью, такие как алюминий, позволяют создавать сложные формы и конструкции, что особенно важно в производстве деталей с высокой точностью. Пластичность измеряется через относительное удлинение при разрыве. Для углеродистой стали это значение может составлять от 15% до 25%, в то время как для алюминия оно может достигать 30% и более. Например, при производстве деталей, которые требуют сложной формы, таких как корпуса двигателей, часто используются алюминиевые сплавы, которые позволяют легко формовать детали без риска их разрушения [5].

3. Твёрдость определяет сопротивление материала к вдавливанию и износу. Для деталей, подверженных абразивному износу, таких как шестерни и подшипники, выбираются металлы с высокой твердостью, например, легированные стали. Твёрдость металла измеряется по шкале Роквелла (HRC). Например, легированные стали могут иметь твёрдость от 30 HRC до 60 HRC в зависимости от обработки. Например, для зубчатых колес, которые подвержены значительным нагрузкам и износу, часто выбирают сталь с твёрдостью 50 HRC, что обеспечивает необходимую износостойкость [4].

4. Коррозионная стойкость становится критически важным показателем для обеспечения долговечности изделий. Нержавеющая сталь (например, AISI 304) имеет содержание хрома около 18 % и никеля около 8 %, что обеспечивает отличную коррозионную стойкость в агрессивных средах.

5. Экономические аспекты – стоимость материалов также играет важную роль. Например, стоимость углеродной стали может составлять около 1,0–5,5 руб/кг, в то время как алюминий стоит около 5,5–9,0 руб/кг, а нержавеющая сталь может достигать 9,5–20 руб/кг. При проектировании конструкции, где вес имеет значение, может быть целесообразно использовать алюминий, не смотря на его более высокую стоимость, так как это поможет привести к снижению затрат на топливо и улучшению производительности [6].

Заключение: таким образом, характеристики металлов играют решающую роль в процессе выбора материалов для машиностроительных изделий. Понимание свойств различных металлов и их поведения в различных условиях эксплуатации позволяет инженерам принимать обоснованные решения, что в свою очередь способствует повышению качества и надежности производимой продукции. В ходе проведенного анализа можно сделать вывод, что выбор металла для конкретного применения должен основываться на комплексной оценке его характеристик, а также условий эксплуатации.

Список литературы

1. Callister, W.D., Rethwisch, D.G. Материаловедение и инженерия: Введение. 10-е изд. / W. D. Callister, D. G. Rethwisch. — Нью-Йорк: Wiley, 2018. — 960 с.
2. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путято, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.
3. Davis, J.R. Справочник по металлам: Настольное издание. / J. R. Davis. — Металлургическая ассоциация США, 1996. — 1000 с.
4. Буйкус К.В., Григорьев С.В., Оковитый В.А., Саранцев В.В., Снарский А.С., Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В., Федор Иванович Пантелеенко Ф.И., Чой К. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям. – Минск : БНТУ, 2010. – 342 с.
5. Петришин, Г. В. Исследование микроструктуры поверхности лазерных покрытий из диффузионно-легированных порошков на основе отходов производства / Г. В. Петришин, Е. Ф. Пантелеенко, М. В. Невзоров //

Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 3. – С. 28–37.

6. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.

УДК629.5.064.3

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Гурбан О.К. (аспирант)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидроблоки управления, системный подход, критерии, параметры, весовые оценки

Актуальность. Для достижения высоких результатов в проектировании монтажных корпусов гидроблоков необходимо интегрировать несколько ключевых методов для оптимизации критериев проектирования, который требует учета множества факторов, таких как: качество, которое обеспечивает надежность и долговечность гидроблоков, способствует минимизации затрат на производство и эксплуатацию.

Цель исследования- формирование структурных решений для гидроблоков управления, требующей системного подхода и применения научных принципов. Анализ помогает понять, какие именно аспекты требуют внимания и доработки, а завершающий этап включает воспроизведение нового целого, что подразумевает создание решения проблемы и получение нового знания.

Анализ полученных результатов. Качество функционирования монтажного корпуса гидроблоков управления приводов определяют функциональные характеристики технологического оборудования. Разработка методов оптимизации на основе декомпозиционного анализа с учетом многомерных целей позволит находить баланс между этими критериями. Например, использование многоцелевых алгоритмов может помочь в нахождении оптимальных решений, которые учитывают как технические, так и экономические аспекты проектирования.

Создание специализированных алгоритмов для повышения эффективности процесса проектирования монтажных корпусов станет важным шагом к повышению производительности.

Создавая инструменты, которые способствуют автоматически генерировать проектные решения на основе заданных параметров, а в последовательности оценивать и сравнивать различные варианты проектирования по установленным критериям.

Если обозначить свойства создаваемого объекта как $X(N)$, а альтернативы с учетом того обстоятельства, что гидравлические потери давления Δp в каналах d и d_3 будут различными, общий критерий сформируем следующим образом:

$$x = \left(C_1 \frac{V}{V_N} + C_2 \frac{S}{S_N} + C_3 \frac{\Delta p}{\Delta p_N} + C_4 \frac{\Delta p_3}{\Delta p_{N3}} \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Δp -гидравлические потери давления, V - объем монтажного корпуса и S -площадь наружной поверхности монтажного корпуса.

Задачи синтеза структуры, принципа работы и других характеристик создаваемых объектов, процессов и проектов на основе их декомпозиции приводятся к типовым и могут решаться по единой схеме. Алгоритм структурного синтеза укрупненно может быть представлен последовательностью:

1. Просмотр базы декомпозиционных схем (БДС) с целью отыскания аналога решаемой задаче.
2. Запись и ввод в систему характеристик X_i и X_{ij} в форме декомпозиционной схемы или корректировка схемы, выбранной из БДС.
3. Ввод целевых условий синтеза параметров, ранжирующих эти условия.
4. Присвоение рангов альтернативным характеристикам X_{ij} по принципу: «лучшее решение»; «альтернативы в блоке по данной цели равноценны»; «неприемлемое решение».

5. Автоматический выбор наибольших весовых оценок и соответствующих им альтернатив X_{ij} .

Реализация разработанного метода и алгоритма на конкретных примерах проектирования гидроблоков управления позволяет проверить эффективность и целесообразность. Это позволяет провести эксперименты для оценки качества и надежности разработанных решений. Получить сбор и анализ данных о производительности гидроблоков в условиях реальной эксплуатации и при необходимости произвести корректировку метода и алгоритмов на основе полученных данных, что обеспечит постоянное совершенствование процесса проектирования.

Заключение. Применение философских категорий «Часть и целое» в процессе формирования структурных решений для гидроблоков управления позволяет систематизировать подход к проектированию и оптимизации.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Пинчуку Владимиру Владимировичу, профессору, к.т.н., доценту кафедры «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Пинчук В. В., Проектирование унифицированных функциональных блоков / В. В. пинчук, Н. В. кислов // Весці Нацыянальнай акадэмп навук Беларусі. Серія фізіка-тэхнічных навук. – 2001. – № 2. – С.63–67
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. - / Д.Н.Попов, В.К. Асташев, А.Н. Густомасов и др. - М.: Машиностроение, 2012. — 304 с.
3. Пухов А.С. Синтез решений при создании автоматизированных технических объектов: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. И доп. - Курган: Изд-во Курганского гос. у-та, 2006. -142 с.
4. Рудченко Ю.А., Кроль Д.Г., Зализный Д.И., Лымарь, О.В. Определение возможных причин повреждения кабельных муфт в системе электроснабжения электропогружных установок / Ю. А. Рудченко [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3.— С. 36-43.
5. Михальченко, А. А. Влияние режимов 3D-печати термопластами на прочностные свойства изделий / А. А. Михальченко, А. Б. Невзорова, И. Б. Одарченко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 1.— С. 31—40.

УДК 621.9.048.4

АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЧАСТИЦ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Невзоров М.В. (аспирант)

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: металлические порошки, термическое напыление, покрытия; напыление

Актуальность. Металлические порошки – это высокотехнологичные материалы, используемые не только для изготовления прецизионных металлических деталей с широким спектром эксплуатационных характеристик, но и для нанесения на поверхность детали при ее упрочнении или восстановлении [1, 2]. Практически любой металл может быть превращен в порошок с помощью таких процессов, как распыление, электролиз, химическое восстановление и измельчение по крупности (измельчение в порошок) [3]. Выбор метода производства определяется на основе анализа затрат, поставок сырья и распределения частиц по размеру и форме, что наиболее благоприятно сказывается на производительности оборудования [4].

Цель работы – провести сравнительный анализ размеров и формы металлических порошков, используемых в процесс лазерного напыления на металлические поверхности деталей нефтепромышленного оборудования.

Результаты работы. Металлический порошок обычно представляет собой совокупность металлических частиц размером менее 1 мм, и не существует единого стандарта для определения интервала размеров частиц. Обычно используется следующая градация: частицы размером 1000~50 мкм — это обычный порошок; 50~10 мкм — это мелкий порошок; 10~0,5 мкм — это очень мелкий порошок; <0,5 мкм — это ультрамелкий порошок; 0,1~100 нм — это нанопорошок.

Каждая частица порошка может быть кристаллом или несколькими кристаллами в зависимости от типа металла, размера частиц и способа получения (рисунок).

Влияние размера и формы частиц. Распределение металлических частиц по размерам и форме влияет на поведение порошка во время заполнения формы, прессования и спекания и, следовательно, влияет на физические свойства напыляемых покрытий и их адгезию к поверхности детали. Сферические или иным образом округлые частицы предпочтительнее из-за текучести порошка и улучшенного уплотнения, что позволяет получить конструктивно прочные поверхности на детали. Более крупные и сферические частицы уменьшают трение между частицами, что является основной проблемой при нанесении покрытий термическими способами [4]. В настоящее время на рынке используются порошки со средним диаметром от 0,8 до 3,0 мкм. Более мелкие наноразмерные порошки обладают повышенной твердостью и прочностью. С другой стороны, более крупные частицы могут значительно снизить эксплуатационные характеристики продукта. Размер и форма частиц влияют на объемный расход и количество материала, подаваемого для напыления [5].

I

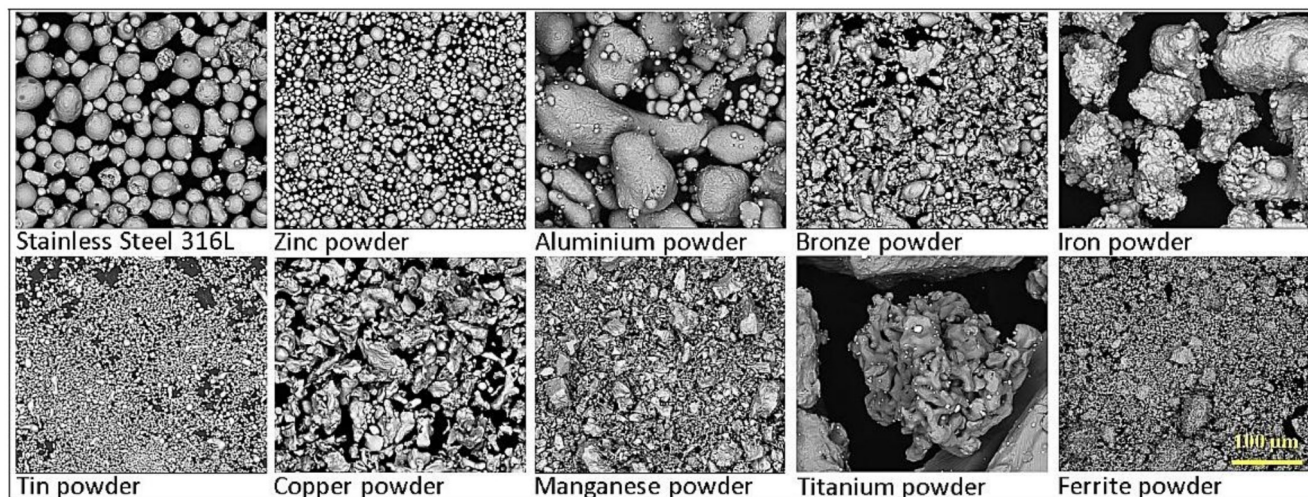


Рисунок – Микроструктура металлических порошков (<https://www.mdpi.com/2075-4701/8/4/255/xml>)

Заключение. Таким образом, сравнительный анализ размеров и формы металлических порошков, используемых в процессе лазерного напыления на металлические поверхности показал, что необходимо учитывать характеристики исходных порошков, включающих форму и распределение частиц по размерам, текучесть и химический состав, а также технологические способы термической обработки образцов для получения необходимой структуры и свойств формируемых покрытий.

Благодарю научного руководителя Петришина Г.В., к.т.н., доцента, проректора по учебной работе ГГТУ им. П.О. Сухого за консультацию при подготовке данной работы.

Список литературы

1. Ильющенко А.Ф. Исследование характеристик специальных порошков и материалов, полученных методом селективного лазерного сплавления / Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. 2018. Т. 63, № 2. С. 150–160.
2. Ольт Ю., Максаров В.В., Петришин Г.В., Пантелеенко Е.Ф., Лискович М.И. – Магнитно-абразивная обработка труднообрабатываемых материалов новыми диффузионно-легированными материалами СТИН. – 2023. – №1. – С. 22–25.
3. Буйкус К.В., Григорьев С.В., Оковитый В.А., Саранцев В.В., Снарский А.С., Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В., Пантелеенко Ф.И., Ки Йонг Чой. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям. – Минск : БНТУ, 2010. – 342 с.
4. Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В. Функциональные покрытия из дисперсных металлических отходов / Е.В. Пантелеенко, Г.В. Петришин // Иновации В Машиностроении (Инмаш-2015) : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 23–25 сентября 2015 года – Кемерово, 2015. С.355–360.
5. Петришин, Г.В. Износостойкие гетерогенные покрытия из борированных наплавочных материалов на основе отходов стальной дробы, нанесенные магнитно-электрическим методом: дисс. ... канд.техн.наук: 05.02.01 / Г.В. Петришин; ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель, 2006. – 178 с.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ГЕОМЕТРИИ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Войтехин О.Л. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь
РГУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Республика Беларусь*

Ключевые слова: геометрия трещин, карбонатные коллектора, гидроразрыв пласта

Актуальность. Эффективность освоения отечественных трудноизвлекаемых запасов нефти (ТриЗ) в Республике Беларусь зависит от ряда факторов, главенствующими из которых является величина создаваемого дренируемого объема породы (англ. Stimulated Reservoir Volume – SRV), а также недопущение прорыва трещин гидроразрыва в подстилающие водонасыщенные коллектора. При этом повысить эффективность и прогнозируемость методов стимуляции ТриЗ можно путем углубленного изучения механизмов формирования трещин гидроразрыва в условиях карбонатных ультранизкопроницаемых коллекторов трещиноватого типа и последующего применения полученных знаний на практике при проектировании работ по стимуляции отечественных ТриЗ.

Цель работы. Изучение механизма формирования трещин гидроразрыва в условиях ультранизкопроницаемых карбонатных коллекторов трещиноватого типа, определение геологотехнических и технологических условий раскрытия и вовлечение в процесс гидроразрыва сети естественных трещин, а также поиск путей обеспечения указанных условий на практике.

Анализ полученных результатов. В настоящее время при проектировании и анализе работ по Plug&Perf МГРП в условиях нетрадиционных ультранизкопроницаемых карбонатных коллекторов Республики Беларусь применяется концепция создания разветвленной сети трещин гидроразрыва за счет наличия в матрице породы естественных трещин путем их раскрытия маловязкой жидкостью и последующего закрепления мелкодисперсным расклинивающим материалом [4, 5]. При этом граничные геометрические параметры облака событий (латеральная протяженность и высота) охватывающих осваиваемый разрез должны быть существенно меньше, по сравнению с единичной доминантной монотрещиной, моделируемой классическими симуляторами на подобие FracPro. В то же время, прямые и косвенные методы контроля геометрии создаваемых трещин (данные микросейсмического мониторинга при МГРП, факты прорыва трещин гидроразрыва в соседние скважины, а также химический анализ проб добываемого пластового флюида) говорят о высоком латеральном охвате пласта трещинами гидроразрыва и избыточной высоте создаваемых трещин. Таким образом, фактические геометрические параметры создаваемых трещин оказались достаточно близкими к моделируемым с использованием классических симуляторов, что указывает на то, что естественные трещины матрицы породы либо не вовлечены в процесс формирования трещин гидроразрыва, либо вовлечены в незначительной мере, недостаточной для изменения граничных геометрических параметров облака событий возникающих в пласте при производстве МГРП.

Согласно общей теории ГРП, плоскость формирования трещины гидроразрыва лежит в направлении вектора максимального напряжения (σ_{max}) поля естественного напряженного состояния горных пород. При этом, как показывает ряд модельных экспериментов, при минимальном контрасте максимального (σ_{max}) и минимального (σ_{min}) латерального напряжения (либо отсутствии указанного контраста) создается не магистральная трещина, а хаотическая сеть множества трещин с искривленной траекторией. На основании вышеуказанного выдвинуто следующее предположение: для открытия естественных трещин гидроразрыва необходимо создать эффективное давление, превышающее разность σ_{max} и σ_{min} . Таким образом, отсутствие признаков формирования разветвленной сети трещин при производстве Plug&Perf МГРП в условиях отечественных ТриЗ может указывать на то, что данное условие не выполняется, предположительно – за счет недостаточной величины эффективного давления гидроразрыва в условиях практически полного отсутствия геомеханических барьеров ниже зоны стимуляции. На практике, сократить высоту трещин и повысить эффективное давление в подобных геологических условиях можно путем создания искусственных геомеханических барьеров (отсыпка нижнего фронта роста трещины мелкодисперсным низкопроницаемым материалом), снижением порового давления в локальной зоне обрабатываемого разреза (предварительное истощение порового давления перед проведением Plug&Perf МГРП) либо комбинацией указанных методов.

Заключение. На основании выполненного исследования выдвинуто предположение, что, величина создаваемого эффективного давления при проведении Plug&Perf МГРП в условиях отечественных ТриЗ не позволяет раскрыть и вовлечь в процесс формирования каналов фильтрации естественные трещины матрицы породы. Для проверки указанного предположения необходимо разработать и апробировать в промысловых условиях комплексный технологический подход, направленный на повышение эффективного давления в трещине в сложных геологических условиях, включающий (предварительно): первичное освоение путем серии

малообъемных ГРП с формированием геомеханических барьеров в нижней части разреза; отработку пласта в целях локального снижения порового давления; повторную селективную стимуляцию методом МГРП.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Экономидес М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Наведение мостов между теорией и практикой / М. Экономидес, Р. Олайни, П. Валько. – М.: Петроальянс Сервисис Компани Лимитед, Орс Пресс, Алвин, шт. Техас, 2004. – 316 с.
2. Зобак М.Д. Геомеханика нефтяных залежей / М.Д. Зобак. – М.: Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2018. – 482 с.
3. Асадчев, А. С. Совершенствование технологии селективной изоляции водопритока на основе применения реагента ОВП-2 / А. С. Асадчев, Т. В. Атвиновская, Е. И. Коваленко // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2019. - № 2. - С. 28-33.
4. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О. Л. Войтехин, А. Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3. – С. 67–79.
5. Войтехин О.Л., Лымарь О. В., Мельников Ю. В., Невзорова А. Б. Апробация технологии PLUTON в условиях I–III пачек петриковских продуктивных отложений скважины 466g Речицкой / О. Л. Войтехин [и др.] // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1 (1). – С. 8–16.

УДК 622.24

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Борсук Е.А. (магистрант)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: бурение, роторно-управляемая система, долото, хвостовик, скважина

Актуальность. Так как бурение с помощью роторно-управляемых систем производится только для бурения наклонно-направленных, а также горизонтальных участков с малой и большой протяжённостью под эксплуатационную колонну [1–3], в иных же случаях применяются винтовые забойные двигатели, может быть актуален их сравнительный анализ целесообразности применения такого вида оборудования.

Цель работы – провести классификацию роторно-управляемых систем на основе их сравнения и затраченного времени на спускоподъёмные операции.

Анализ полученных результатов. Анализ полученных данных позволил провести сравнение роторно-управляемых систем 3 видов: РУС с отклонением долота (push the bit); РУС с изменением направления долота (point the bit); Гибридные РУС (point+push).

Для бурения с продолжительными горизонтальными участками преимущественно выбираются роторно-управляемые системы для бурения под хвостовик.

Таблица

Характеристики	«PowerDrive Archer 475»	«Revolution 675»	PowerDrive X6 475» »	«Wellguide RSS» »	«DART» »	«Suresteer»
Интенсивность искривления	1.4	1.05	1.4	1.75	0.7	1.75
Максимальный крутящий момент	0.75	1.25	1.25	1	1.25	1.25
Максимальная осевая нагрузка	1.5	0.6	1.2	1.2	1.2	1.5
Максимальная скорость вращения	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Результаты	4.15	3.4	4.35	4.45	3.65	5

Заключение. Исходя из параметров роторно-управляемых систем была определена самая универсальная система и произведён расчёт на спускоподъёмные операции. Проведя анализ использования роторно-

управляемых систем, можно сделать вывод, что из-за постоянного вращения всей бурильной колонны осевая нагрузка, действующая на долото, доходит до 80 %. Следовательно, увеличивается механическая скорость в 1,5–2 раза, а из-за сокращения количества спускоподъемных операций, на которые затрачиваются порядка 30 % от времени всего строительства скважины, применение данной технологии сокращает сроки строительства наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

Благодарность. Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, доктору технических наук, профессору, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Осипов Ю.В., Ахметов Д.С., Еникеев Р.В., Бадретдинов Д.Ф. Применение роторных управляемых систем для бурения // Проблемы науки. – 2017. – №. 10 (23). – С. 52-54.
2. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О.Л. Войтехин, А.Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3. – С. 67–79.
3. Байковский Д.И. Проектирование оптимальной траектории бурения в целях увеличения эффективной длины горизонтального участка ствола скважины / Д.И. Байковский // Нефтяник Полесья. – 2024. – №1(45) – С. 109-113.
4. Хомяк А. В., Чуктуров Г. К. Анализ методики выбора роторно-управляемой системы //Иновационная наука. – 2022. – №. 3-2. – С. 42-46.
5. Порошин В.Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебн. пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.

УДК 622.276/.279

ВЛИЯНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ НЕФТИ В УЛЬТРАНИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Асвинова П.В. (магистрант)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь
РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Республика Беларусь*

Ключевые слова: геохимические параметры, запасы нефти, горизонт отложений, достоверность

Актуальность. Доля трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) в Республике Беларусь составляет порядка 70% [1] и к ним, в частности, относятся залежи нефти низкопроницаемых коллекторов [2,3]. Проведение геологоразведочных работ (ГРП) по выявлению и локализации неструктурных ловушек УВ и залежей с породами-коллекторами нетрадиционного типа являются одним из стратегических направлений развития минерально-сырьевой базы на ближайшую перспективу. Одна из задач – проведение корректного подсчета запасов, учитывающий особенности данных нефтегазовых объектов.

Цель - повышение достоверности подсчета запасов нефти в нетрадиционных коллекторах Припятского прогиба.

Область применения – ТРИЗ Припятского прогиба (низкопроницаемые коллектора, НГМТ). Объект исследования: петриковско-елецкие отложения Припятского прогиба. К ним относятся залежи нефти I–III пачек Речицкого месторождения и отложения Северо-Домановичского месторождения. Предмет исследования – нефтенасыщенные низкопроницаемые коллектора.

Отложения вышеописанных горизонтов верхнедевонских отложений (петриковского и елецкого возраста) Северо-Домановичского месторождения представлены неравномерным переслаиванием тонкослоистых низкопроницаемых глинисто-кремнисто-карбонатных пород. По результатам интерпретации и анализа геолого-геофизической информации в совокупности с современными лабораторными исследованиями кернового материала позволяют отнести отложения к низкопроницаемому нетрадиционному типу коллектора, содержащему различные типы УВ. Особенность данных нефтеносных объектов заключается в том, что залежь не является вместилищем углеводородов в классическом понимании, когда нефть появляется в ловушке посредством миграции и аккумуляции [4, 5]. Это нефтегазоматеринская толща (НГМТ), где происходит процесс преобразования органического вещества в нефть.

Подсчет запасов в данном случае проводится минимум 2-мя методами, для большей достоверности учитываются геохимические параметры (S_0+S_1 – подвижные УВ, S_2 – кероген, ТОС – общее содержание

органического углерода и др.). В работе над магистерской диссертацией выполняется подсчет запасов различными методами, анализ результатов освоения, анализ состава проб нефтей, пиролиза. Посредством комплексного анализа вышеупомянутых аспектов планируется выведение гипотезы взаимосвязи геохимических параметров и продуктивности отложений, и самое главное – выведение зависимости, как это может влиять на подсчет параметров. На данный момент произведен подсчет запасов нефти петриковско-елецких отложений Северо-Домановчического месторождения, сопоставление с результатами пиролиза. Сделаны выводы о причинах возможного расхождения результатов подсчета объемным и пиролитическим методами. Выявлено, что необходимо учесть факт отсутствия четкой границы термического испарения и деструкции при проведении пиролиза. Испарение может быть как в низкотемпературном интервале, так и в высокотемпературном, что может повлиять на оценку подвижных УВ. А также захват свободных УВ структурой керогена [3].

Вывод. Подсчет запасов нетрадиционных залежей нефти петриковско-елецких отложений – перспективное и важное направление в геологоразведке, позволяющее повысить достоверность оценки и уменьшить риски при проведении работ на освоение и разработки данных залежей. Изучение влияния геохимических параметров позволит в корреляции с существующими методами подсчет уточнить методику подсчета и достигнуть поставленной цели.

Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Повжику П.П., доктору технических наук, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Классификация трудноизвлекаемых запасов углеводородов Припятского прогиба и основные проблемы их разработки / П.П. Повжик, А.В. Халецкий, В.Г. Седач, Н.А. Демяненко // Недропользование XXI век. – 2017. – № 6. – С. 38–45.
2. Повжик П.П., Ерошенко А.А., Грудинин А.С., Калейчик Е.А., Даниленко В.В. «Характеристики нефте-материнских отложений – основа бассейнового анализа и прогноза ресурсов углеводородов (на примере отложений елецко-петриковского возраста Припятского прогиба/ Нефтяник Полесья. 2024. – №2 (46). –С. 82–89.
3. Баталин О.Ю., Вафма Н.Г., Формы захвата свободных углеводородов керогеном // Баталин О.Ю., Вафма Н.Г. / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3) – С. 418-425.
4. Асвинова, П. В. Разработка комплексного алгоритма проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ в породах кристаллического фундамента Припятского прогиба / П. В. Асвинова, Р. В. Асвинов // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 49–54.
5. Асвинова, П. В. Обработка и интерпретация гидрохимических данных в нефтепромысловых целях по межсолевой залежи нефти III блока Березинского месторождения / П. В. Асвинова ; науч. рук. В. Д. Порошин // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2022 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – С. 68–71.

УДК 621.01

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

Котов А.В. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь
ОАО «Сейсмотехника, г. Гомель, Республика Беларусь*

Ключевые слова: кинематика, плоский рычажный механизм, комплексные числа; преобразование координат

Актуальность. В современных условиях жесткой конкуренции в машиностроении сокращение сроков конструкторских и исследовательских работ возможно только за счет внедрения передовых методов исследования и анализа механических систем на основе математического и компьютерного моделирования. Так для решения задач кинематического анализа плоских рычажных механизмов представляется возможным использовать комплексные числа в тригонометрической или показательной форме [1]. Благодаря этому основные соотношения между элементами рычажного механизма записываются по обычным алгебраическим правилам на основе геометрического определения механизма, без использования особых условий и действий над ними.

Цель работы. Представить аналитический метод для проведения кинематического анализа плоских рычажных механизмов, основанный на методе преобразования координат с применением теории комплексных чисел. Показать возможности применения данного метода при исследовании кинематики плоских рычажных механизмов, а также его определенные преимущества по сравнению с другими аналитическими методами исследования.

Анализ полученных результатов. На рис. 1 приведена векторная интерпретация кинематической схемы плоского рычажного механизма на примере шарнирного четырехзвенника, расположенного в комплексной плоскости. Положение каждого вектора задается в соответствующей полярной системе координат, связанной с его началом, и определяется длиной (модулем) и углом наклона, положительное значение которого отсчитывается от горизонтальной оси в направлении хода часовой стрелки, а отрицательное – в противоположном направлении.

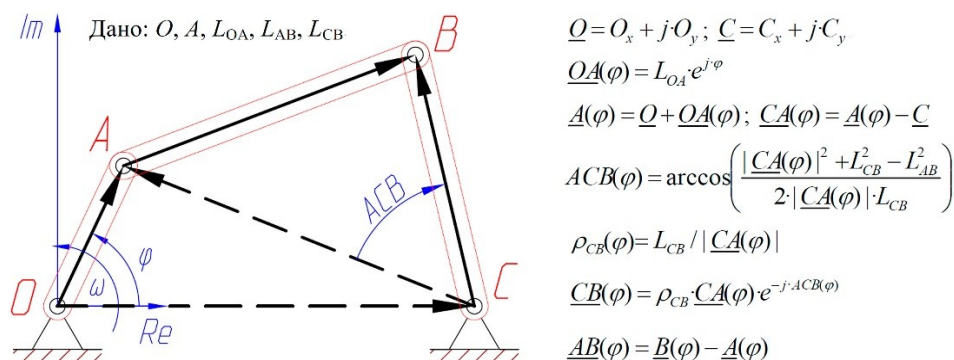


Рисунок 1 – Кинематическая схема плоского рычажного механизма и алгоритм проведения его кинематического анализа

Представленный аналитический метод кинематического анализа плоских рычажных механизмов с использованием теории комплексных чисел основан на методе преобразования координат. Как известно в методе преобразования координат используются такие основные математические операции как вращение и перемещение векторов [2]. Осуществление данных операций возможно также и с комплексными числами, для которых операции вращения и перемещения являются эквивалентными простым алгебраическим действиям – сложению (вычитанию) и умножению (делению). При использовании векторов комплексных чисел, их сложение и вычитание проводится с помощью алгебраической формы записи для прямоугольной (декартовой) системы координат, а умножение, деление и дифференцирование – с помощью показательной формы записи для полярной системы координат. Алгоритм проведения кинематического анализа рассматриваемого рычажного механизма методом преобразования координат с использованием теории комплексных чисел в функциях положения точек и звеньев приведен в правой части на рис. 1.

Проверка адекватности представленного кинематического анализа методом преобразования координат с использованием теории комплексных чисел проводилась с помощью известных аналитических методов [3], которая показала полное совпадение полученных результатов расчета с проверяемыми значениями. Предложенный метод кинематического анализа с применением теории комплексных чисел может найти свое практическое применение, как в учебной, так и в инженерной практике [4, 5].

Заключение. Предложенный метод преобразования координат с применением теории комплексных чисел для проведения кинематического анализа плоских рычажных механизмов исключил необходимость составления и решения громоздких систем тригонометрических уравнений, получаемых традиционными аналитическими методами. Данный метод легко поддается формализации и алгоритмизации в современных математических пакетах и языках программирования, позволяя в короткие сроки проводить всесторонний кинематический анализ проектируемых плоских рычажных механизмов, с возможностью проведения их последующего оптимизационного синтеза.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кролю Д.Г., к.ф.-м.н., доценту, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Wilson, Charles E. Sadler, J. Peter. Kinematics and Dynamics of Machinery. 3rd Edition. Pearson Education Limited, 2013. - 848 p.
2. Котов, А.В. Анализ уравновешенности кривошипно-ползунного механизма привода режущего аппарата методом векторов главных точек // Тракторы и сельхозмашины. – 2024. – Т. 91. – №2. – С. 167–180.

3. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет / Ю.Ф. Лачуга, А.М. Баусов, А.Н. Воскресенский, А.М. Абалихин. – 3-е изд. – М.: ИКЦ Колос-с, 2020. – 416 с.
4. Alexandr Shimanovsky, Artur Putsiata, Oksana Kolomnikova [Modeling of vehicle dynamics considering load relative movement](#) / Acta Mechanica Slovaca. 2008. – № 3. Т.12. – Р. 691.
5. Путятю А.В., Коновалов Е.Н., Пастухов М.И., Афанаськов П.М., Бугаева Е.В., Белогуб Н.В. [Оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона пассажирского после длительной эксплуатации](#) / Вестник Белорусского государственного университета транспорта. – 2020. – № 2(41). – С.42–45.

УДК 624.88-762.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА

Юй Янян (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь
Чжэцзянская нефтехимическая компания с ограниченной ответственностью,
Zhoushan, провинция Чжэцзян, Китай*

Ключевые слова: механические торцевые уплотнения, утечки, питательный насос, адсорбция

Введение. Механическое уплотнение — это устройство, которое достигает осевого уплотнения за счет двойного действия пружинного элемента на предварительное давление уплотнительных поверхностей подвижного и неподвижного колец, а также давления среды; также известное как уплотнение по торцевой поверхности [1, 2].

Цель работы – с помощью программного обеспечения Ansys провести тепловой анализ процесса трения механического уплотнения при различных скоростях вращения; с использованием фрактальной теории рассчитываются объем утечек и скорость износа; с учетом вибраций оборудования проводится динамический анализ структуры трения механического уплотнения, а также общей конструкции механического уплотнения для более точного анализа механизма трения контактного механического уплотнения.

Основные результаты. Рассмотрим основные причины выхода из строя торцевых уплотнений при нагревании от трения, вызванные использованием серийных торцевых уплотнений [3] и их вспомогательных систем в высокотемпературных масляных насосах с подогревом:

(1) Нарушение герметичности, вызванное потерей эластичности или разрушением гофрированной трубы. Сифоны имеют определенный срок службы, и при длительном использовании в рабочем состоянии их эластичность постепенно снижается, что называется потерей эластичности. Когда температура уплотнения машины для производства металлических гофрированных труб превышает 300 °С, происходит очевидная потеря эластичности. В то же время из-за адсорбции мелких твердых частиц транспортируемой среды на гофрированной трубе пружина в конечном итоге теряет способность к деформации, что приводит к разрушению уплотнения.

(2) Растрескивание твердого сплава в паре трения при нагреве. Рабочая температура насоса горячего масла очень высока, и торцевая поверхность уплотнения обычно работает при высоких температурах. Под действием низкотемпературной промывочной жидкости это приведет к высокому тепловому напряжению, что приведет к появлению множества радиальных трещин на поверхности динамических и статических колец и, в конечном счете, к выходу уплотнения из строя.

(3) Чрезмерная температура на уплотнительном кольце приводит к нарушению герметичности. Температура торцевой поверхности пары трения обычно находится в очень высоких рабочих условиях, и высокие температуры могут снизить износостойкость твердого сплава на поверхности динамических и статических колец, что в конечном итоге приводит к повреждению торцевой поверхности пары трения и выходу из строя уплотнения; Температура воспламенения твердого сплава может быть очень высокой. выбранное количество изолирующей жидкости слишком низкое, что приводит к высокому повышению температуры в герметизирующей камере, когда охлаждающий эффект герметизирующей камеры снижается [4]. Когда температура изолирующей жидкости превышает температуру воспламенения, изолирующая жидкость, образующаяся на уплотнительной торцевой поверхности и внутренней поверхности гофрированной трубы, приводит к потере эластичности гофрированной трубы, а уплотнительная торцевая поверхность не может плотно прилегать, что приводит к нарушению герметизации.

(4) Трубопровод для промывочного раствора заблокирован. Трубопровод для самостоятельной промывки или внешней промывки заблокирован, в результате чего низкотемпературная промывочная среда не пропускает достаточно тепла для достижения охлаждающего эффекта. Кроме того, вся система уплотнения потребляет слишком много энергии, что приводит к высоким затратам на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Заключение. Упомянутые выше неисправности механических уплотнений серьезно повлияли на нормальную работу группы высокотемпературных масляных насосов для подогрева масла, что привело к огромным потерям для безопасности производства на всем предприятии.

Благодарю Чжэцзянскую нефтехимическую компанию с ограниченной ответственностью, Zhoushan, провинция Чжэцзян, Китай, за предоставленную информацию и научного руководителя д.т.н., профессора Невжорову А.Б. на помощь при подготовке данного исследования.

Список литературы

1. Андреев, Ю. А. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем [Учебное электронное издание комбинированного распространения] : учебно-методическое пособие для студентов . – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 189 с.
2. Янъян, Ю. Применение технологии мониторинга состояния при диагностике неисправностей центробежного компрессора BCL527/A / Ю. Янъян, А. Б. Невзорова, Г. В. Петришин // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого : научно-практический журнал. — 2022. — № 3. — С. 5—12.
3. Юй Янъян, Невзорова А.Б., Петришин Г.В. Анализ нарушения герметичности и системной перестройки механического уплотнения питательного насоса высокого давления установки гидрокрекинга [加氢裂化装置高压进料泵机械密封泄露故障分析及系统改造] / Liaonig Chemicl Industry. – 2023. № 10 (52). – Рр. 0935–1004.
4. Янъян Юй. Оптимизация энергосбережения и применение установки гидрокрекинга дизельного топлива мощностью 3,5 млн тонн/год / Янъян Юй, А. Б. Невзорова // Нефтегазохимия – 2024 : материалы VII Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 13–15 ноября 2024 г. – Минск : БГТУ, 2024. – С. 24–28.

УДК 622.276/.279

ВСКРЫТИЕ АНОМАЛЬНЫХ ИНТЕРВАЛОВ РАЗРЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Авласенко И.С. (магистрант)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь
РГУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Республика Беларусь*

Ключевые слова: бурение, пластовое давление, подсолевые залежи, трещиноватые коллекторы

Актуальность. В подсолевом и межсолевом нефтегазоносных комплексах ряда районов Припятского прогиба встречены пласты с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД). В данной работе рассматривается один из наиболее эффективных методов проводки глубоких скважин в зонах распространения АВПД, основанный на технологии бурения с управляемым давлением (БРД). Обсуждается вопрос научного обоснования выбора технологии строительства и конструкции скважины в условиях узкого или неизвестного окна бурения для конкретных геолого-технических условий одного из участков рассматриваемого региона.

Цель работы. Комплексная оценка преимуществ технологии бурения с регулируемым давлением на примере скважины 6 Гарцевская.

Анализ полученных результатов. При поисково-разведочном бурении в подсолевом и межсолевом нефтегазоносных комплексах целого ряда зон и локальных объектов Припятского прогиба встречены аномально высокие пластовые давления [1]. Так, при доразведке подсолевых залежей восточного блока Гарцевского нефтяного месторождения в межсолевых отложениях (туровские слои елецкого горизонта) были вскрыты породы-коллекторы с АВПД с весьма высокими значениями коэффициента аномальности. Условия бурения на скважинах с АВПД характеризуются узким допустимым диапазоном статической и циркуляционной плотности бурового раствора («окном бурения»). По этой причине вскрытие нефтегазоносного резервуара с АВПД привело к значительному непроизводительному времени строительства скважины. Были понесены дополнительные затраты при борьбе с НГВП и поглощениями.

В мировой практике одной из наиболее эффективных технологий в схожих условиях узкого окна бурения является бурение с регулируемым давлением [2]. Данная технология является дорогостоящей и ее применение экономически оправдано не на каждой скважине.

Применение технологии БРД снижает затраты на химические реагенты и буровой раствор, поглощаемые при превышении давления гидроразрыва. Проявления газонефтяной смеси из пласта оперативно обнаруживаются, а

их объем значительно уменьшается за счет создания противодействия [3].

Технология БРД, применяемая в системе «скважина-пласт» не ухудшает фильтрационные свойства пласта и снижает вероятность осложнений и аварий до минимума. Данная технология позволяет достичь значительного снижения воздействия промывочной жидкости на продуктивный пласт (снижение скин-эффекта в призабойной зоне скважины), дает возможность бурения трещиноватых коллекторов без необходимости кольматирования продуктивных зон, что способствует увеличению коэффициента извлечения нефти и сроков продуктивности скважин [4].

Комплексная оценка технологических преимуществ системы БРД рассматривается на примере гидравлического моделирования во время основных операций при бурении межсоловых отложений в скважине 6 Гарцевская по проектной и предлагаемой конструкции.

Основными элементами системы БРД являются роторный устьевой герметизатор (РУГ), блок дросселирования, расходомер Кориолиса. Система БРД позволяет остановить и устранить умеренное проявление пластового флюида без глушения скважины. Позволяет оперативно обнаружить даже минимальные проявления и поглощение.

Уравновешивание давления вскрытого пласта регулируется сочетанием таких факторов как давление на устье, эквивалентной циркуляционной плотности и плотности бурового раствора.

Для поддержания репрессии на пласт столбом жидкости плотностью 1,73 г/см³ необходимо создать дополнительное противодействие на устье 9,5 МПа. Система БРД позволяет поддерживать градиент ЭЦП всех основных операций в пределах узкого окна бурения 1,88-2,0 МПа/100 м.

Заключение. Проведено гидравлическое моделирование бурения на примере скважины 6 Гарцевская в условиях АВПД с проектной конструкцией по стандартной технологии и с предлагаемой конструкцией с технологией БРД.

При бурении с проектной конструкцией скважины 6 Гарцевская в условиях АВПД по стандартной технологии ожидается как НГВП, так и поглощение бурового раствора.

Установлено, что с применением технологии БРД на примере скважины 6 Гарцевская требуется «окно бурения» в 14 раз меньше, чем при стандартной технологии, что является важным техническим преимуществом.

Технология БРД при вскрытии межсоловых отложений одной секцией диаметром 165,1 мм скважины 6 Гарцевская в условиях АВПД позволяет обеспечить ЭЦП во время всех операций в пределах «окна бурения».

Список литературы

1. Порошин В.Д., Лобова Н.Л. Аномальные пластовые давления в межсоловых и подсоловых девонских отложениях Припятского прогиба // Доклады АН БССР, 1990, т. 34, 1.
2. Чернокалов, К. А. Роснефть: Применение систем контроля давления для скважин с трещиноватым коллектором в условиях аномально низкого пластового давления... // К. А. Чернокалов, А. Г. Пушкарский, А. М. Поляруш, М. И. Кошер // Научно-технический Вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2016. – № 4. – С. 45-47. – ISSN 2074-2339.
3. Бабаян Э. В. Технология управления скважиной при газонефтеводопроявлениях. Краснодар : «Советская Кубань», 2007, – 154 с.
4. Гиниятуллин Р. Р., Кириев В. В., Крепостников Д. Д., Чернокалов К. А., Загивный Ф. А., Доброхлеб П. Ю. [и др.]. Эффективный способ бурения скважин в условиях катастрофических поглощений в трещиноватых коллекторах Юрубчено-Тохомского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2017. – № 11. – С. 40–43. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-11-40-43>.
5. Порошина, С. Л. Анализ разработки залежи нефти в воронежских отложениях (верхний фран) Золотухинского месторождения в Припятском прогибе по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Літасфера. – 2022. – № 1. – С. 131–148.

УДК 656.0 (476.2)

ЗАСОЛОНЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Машечко Е.И. (магистрант)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: засоленные коллекторы, галитовая минерализация, межсолевые формации

Актуальность. Засоленные коллекторы представляют собой породы, пустотное пространство которых частично заполнено эпигенетическим галитом. Галитовая минерализация в Припятском прогибе обнаружена на разных стратиграфических уровнях фаменской межсолевой формации и практически во всех горизонтах подсолевых отложений девонского возраста. Засоление пород оказывает существенное влияние на эффективность проведения поисково-разведочных работ и разработку открытых нефтяных месторождений, что свидетельствует об актуальности их изучения [1]. Ярким примером этого являются межсолевые формации северной приконтурной зоны прогиба. Образование катагенетического галита связано с деятельностью межкристаллических рассолов верхних и нижних галогенных формаций.

Одна из основных задач – поиск и дальнейшая разведка прогноз локализации засоленных коллекторов.

Цель работы - усовершенствование методов изучения засоленных коллекторов нефти и газа. ГИС для поиска засоленных коллекторов Припятского прогиба.

Область применения – продуктивные горизонты Припятского прогиба. Объект исследования: засоленные коллектора Северо-Домановичского, Березинского и других месторождений.

Низкие значения пористости и проницаемости многих продуктивных горизонтов Припятского прогиба, а также снижение здесь объемов как геологических запасов нефти, так и извлекаемых запасов нефти, во многом связано с развитием катагенетической, и в первую очередь, галитовой минерализации в пределах Припятского прогиба [2,3] на этих территориях.

Первые комплексные (лабораторные, геофизические и гидрогеохимические) исследования засоления пород-коллекторов Припятского прогиба были проведены в пределах Северо-Домановичского месторождения районе. Здесь на глубине 2470-2500 м выделен в межсолевом комплексе установлено широкое развитие вторичного галита в породах девонского возраста, где промышленные притоки получены из тонезского и верхней части тремлянских горизонтов. Условия локализации галита в породах, установленные в результате лабораторных литологических исследований разнообразны [4, 5]. По данным описания керна, в породах-коллекторах Северо-Домановичского участка выделяются следующие формы локализации галита:

- монокристаллический галит, который часто заполняет крупные каверны 10-30 мм и трещины; реже занимает мелкие каверны и макропоры 2-10 мм, распределен неравномерно;
- межзерновой галит в брекчиях, иногда переходящий в базальный цемент;
- ил, корки растворенного и вновь кристаллизованного вторичного галита, «пушок» в виде нитевидных агрегатов (скоплений кристаллов) вторичных кристаллов на поверхности кернов;
- галит в пелитоморфной и микрокристаллической формах, содержащийся в слабопроницаемой матрице пород, визуально не различимый, но фиксируемый рентгеноструктурным анализом в солено-вкусовых кернах.

При проведении промыслово-геофизических методов установлено, что на показаниях метода кривых ИННК интервалы пластов солей имеют аномально низкие значения времени жизни тепловых нейтронов, в связи с тем, что Cl, входящий в состав галита, является аномальным поглотителем тепловых нейтронов. Поэтому при значительной степени галитизации интервалов пород, на качественном уровне можно выделить эти интервалы по показаниям ИННК. Мешающим фактором в таком случае является наличие коллекторов, насыщенных минерализованной хлоридной водой. Тем не менее в ряде скважин, где проводились исследования методом ИННК, выполнялся контроль полученных в результате моделирования были выделены интервалы галитизации

Выводы. В результате проведенных на материалах Северо-Домановичского месторождения литологических и промыслово-геофизических работ получены следующие результаты и выводы:

уточнена петрофизическая модель для построения объемной модели породы, определения минералогического состава и коэффициента пористости пород с многокомпонентным составом скелета;

по результатам моделирования галитизация оказывает значительно меньшее влияние на метод АК по сравнению с методом ГГК-П

наличие галита в породе ~10% оказывает влияние на определении пористости по методике Заляева (АК и НК) сопоставимое суммой аппаратной и методической погрешности;

метод ИННК на качественном уровне можно использовать для контроля и определения интервалов галитизации в породе;

определение содержания галита в породе на полноразмерном керне в продолжительном интервале совместно с проведением расширенного комплекса ГИС в скважине позволит значительно уточнить петрофизическую

модель сложных по составу пород и повысить эффективность использования ГИС при изучении степени их засоленности;

Рассоление коллекторов закачиваемой для вытеснения нефти агрессивной по отношению к галиту водой в одних случаях повышает эффективность разработки нефтяных залежей Припятского прогиба, а в других ухудшает. В связи с этим, зная локализацию засоленных коллекторов в продуктивном разрезе и регулируя процесс их рассоления можно более эффективно вести разработку наших залежей (использовать положительное влияние этого процесса, проявляющееся в одних условиях и ограничивать отрицательное в других).

Список литературы

1. Порошин В. Д., Качура И. В., Козырева С. В., Порошина С. Л., Семенова В. А. К вопросу изучения засоленных коллекторов Припятского прогиба геофизическими методами // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. № 1. – С. 81–93.
2. Березин, А. Г. Геофизические исследования нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / А. Г. Березин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 168с.: ил., табл.
3. Махнач, А. А. Очерк геологии Беларуси / А. А. Махнач, А. В. Кудельский. Минск: Беларуская навука, 2019. – 171 с. – ISBN 978-985-08-2457-8.
4. К вопросу изучения засоленных коллекторов Припятского прогиба геофизическими методами / В. Д. Порошин, Качура, И. В.; Козырева, С. В.; Порошина, С. Л.; Семенова, В. А. // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 1. – С. 81–93.
5. Порошина, С. Л. Анализ разработки залежи нефти в воронежских отложениях (верхний фран) Золотухинского месторождения в Припятском прогибе по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Літасфера. - 2022. - № 1. - С. 131-148.

УДК 622.276

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ЖИДКОСТИ РАЗРЫВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Климович В.А. (магистрант, ЗНГИ-11)

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь
РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Республика Беларусь*

Ключевые слова: жидкость разрыва, освоение скважин, ГРП, проппант, стабилизация глин

Актуальность. В настоящее время R&P МГРП является основной технологией освоения нетрадиционных коллекторов Речицкого месторождения (залежь I-III п) [1]. По состоянию на март, только за 2025 год было выполнено около 147 операций по ГРП на данном объекте, причём за 2024 год было выполнено 444 операции. Ввиду существенного увеличения объёмов работ по ГРП происходит удорожание освоения скважин (при ГРП используются дорогостоящие химические реагенты). Таким образом, в настоящее время стоит задача снижения затрат на освоение скважин [2,3], одним из решений может стать оптимизация рецептуры жидкости разрыва (ЖР), путём исключения некоторых хим. реагентов.

Цель работы. Оптимизация рецептуры ЖР путём исключения стабилизатора глин. Апробация данной жидкости при проведении МГРП по технологии Plug&Perf на нетрадиционных коллекторах I-III пачки межсолевых отложений Речицкого месторождения.

Анализ полученных результатов. Набухание глинистых частиц при проведении гидроразрыва пласта может привести к закупорке создаваемых трещин, и как следствие, снизить эффективность проведённых работ [4,5]. С целью предотвращения набухания глин в рецептуре ЖР предусмотрен стабилизатор глин. Однако, его применение целесообразно, когда породы предрасположены к набуханию.

В рамках данной работы были проведены лабораторные испытания образца породы I-III пачки Речицкого месторождения, которые показали, что у глинистой составляющей данной породы отсутствует способность к набуханию. Таким образом, необходимость использования стабилизатора глин при R&P МГРП не подтверждена.

Апробация данной ЖР была проведена на скважине X Речицкого месторождения при проведении РР МГРП. На данной скважине было проведено 23 стадии, на которых суммарно было закачено 11670 м³ ЖР и 1140 т

расклинивающих агентов (806 т фрак-песка фракций 40/70 и 30/50, 334 т проппанта фракций 30/50, 20/40 и 20/40 РСР).

Негативных факторов отсутствия в составе жидкости разрыва стабилизатора глин в процессе закачки стадий МГРП не выявлено. Работы выполнены штатно. Закачаны плановые массы и концентрации расклинивающих агентов с наращиванием агрессивности дизайна в виде повышения максимальной концентрации проппанта в смеси ГРП от 350кг/м³ (1 стадия) до 700кг/м³ (23 стадия).

Также, в процессе выполнения работ по МГРП выполнялся отбор проб и анализ жидкости разрыва в полевой лаборатории. На основании анализа отклонений в реологических свойствах жидкости разрыва без стабилизатора глин не выявлено.

В результате отказа от стабилизатора глин удалось сэкономить около 5835 л данного хим. реагента. Стоит отметить, что отказ от стабилизатора глин также снижает объёмы использования гелеобразователя на 10-20%, что составляет около 1424 кг.

Заключение. На основании выполненных полевых работ при проведении РР МГРП на скважине Х Речицкого н.м. не отмечено негативных факторов в работе устьевого оборудования флота ГРП. Полевое лабораторное тестирование жидкости разрыва подтвердило высокие эксплуатационные характеристики жидкости разрыва без использования стабилизатора глин.

Для принятия окончательного решения о внедрении жидкостей разрыва без стабилизатора глин для проведения Р&Р МГРП на скважинах с нетрадиционным типом коллектора Речицкого месторождения требуется сопоставление вводных дебитов и времени выхода скважины Х Речицкого месторождения на режим с аналогичными скважинами.

Благодарность. *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Порошину Валерию Дмитриевичу, доктору геолого-минералогических наук, профессору кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

Список литературы

1. Экономидес М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Наведение мостов между теорией и практикой / М. Экономидес, Р. Олайни, П. Валько. – М.: Петроальянс Сервисис Компани Лимитед, ОРСА Пресс, Алвин, шт. Техас, 2004. – 316 с.
2. A Case Study of High-rate Multistage Hydraulic Fracturing in Petrikov Horizon of the Pripyat Trough: art. SPE Eastern Europe Subsurface Conference/Mironenko K.V., Voytekhnin O.L., Marchenko V.V. – November, 2021.
3. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О. Л. Войтехин, А. Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3.— С. 67-79.
4. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений: учебно-методическое пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина – Гомель: Учреждение образования «ГГТУ им. П. О. Сухого», 2024. – С. 399.
5. Демяненко Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 288 с.

УДК 621.65

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОЗДУХА НА ОБЪЕМНЫЙ КПД НАСОСА

Дубинский В.А. (студент, гр. ГА-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: объемные насос, КПД, эффективность, механическая смесь, воздух, вода

Актуальность. Исследование влияния воздуха на объемный КПД насоса является важным как с практической, так и с научной точки зрения [1]. Засорение жидкости воздухом ухудшает условия работы насосов и всей гидросистемы в целом - нарушает плавность движения приводимых узлов, ухудшает смазку, усиливает коррозию деталей гидроагрегатов и т. д. [2] Ухудшение условий работы насосов понижает их производительность, а также вследствие гидравлических ударов сокращает срок их службы [3].

Целью работы является анализ влияния воздуха на объемный КПД насоса и выявление факторов, которые приводят к снижению эффективности работы объемного насоса.

Анализ полученных результатов. Изучение таких понятий как кавитация, деаэрация и роль воздуха в гидравлических системах, является основой для анализа влияния воздуха на работу насосов и эффективность, выраженную в виде объемного КПД [4, 5].

Воздух (или газ) может находиться в жидкости в механической смеси, причем в зависимости от размеров пузырьков воздуха такая смесь обладает меньшей или большей устойчивостью и при определенных условиях, характеризуемых в основном размерами пузырьков и вязкостью жидкости, скорость вытеснения пузырьков из жидкости настолько мала, что смесь становится практически стабильной. Если диаметр пузырька воздуха уменьшить в два раза, то время, необходимое для того, чтобы пузырек поднялся на поверхность жидкости, увеличится в четыре раза. Для сравнения следует указать, что в воде тот же пузырек поднимется на поверхность в 60 раз быстрее, чем в масле средней вязкости.

Пузырьки воздуха при некоторых условиях, в частности при негерметичности всасывающего трубопровода, размельчаются настолько, что воздух может находиться в смеси с маслом в течение многих суток.

Понижение производительности насосов вызывается тем, что воздух вместе с жидкостью поступает во всасывающую полость насоса, давление в которой может быть значительно ниже атмосферного, вследствие чего воздух здесь расширяется и частично заполняет рабочие камеры насоса, уменьшая тем самым объем заполнения этих камер жидкостью. При следующем за всасыванием ходе - нагнетании - образовавшаяся масляно-воздушная смесь сжимается до такого давления, которое соответствует давлению в нагнетательной камере насоса.

Объемный КПД насоса, выражающий отношение объема нагнетаемой насосом рабочей среды при давлении P_n к объему, описываемому его рабочими элементами в единицу времени без учета вредного пространства и утечек жидкости через зазоры и прочих объемных потерь, определяется по уравнению

$$\eta_{об} = (1 - V_n) = 1 - \left(\frac{V_0 \cdot p_0}{p_B} - \frac{V_B \cdot p_в}{p_n} \right)$$

где V_0 - содержание (объем) воздуха на единицу объема жидкости при начальном давлении p_0 в жидкостном баке системы; V_B - то же при давлении во всасывающей камере насоса $p_в$

Единица объема жидкости содержит при начальном давлении (давлении в баке) p_0 нерастворимого воздуха в объеме V_0 . Вследствие расширения этого воздуха во всасывающей камере до давления p_B в объем его увеличится на величину

$$V_B = V_0 \frac{p_0}{p_B}$$

Разность между значениями V_B и V_n есть потеря в объеме подачи насосом V_n вследствие расширения воздуха на единицу объема жидкости или на единицу рабочего объема насоса

$$V_n = V_B - V_0$$

Из-за недозаполнения жидкостью камер насоса не только понижается его производительность и КПД, но может произойти разрушение самого насоса, так как при соединении камеры, имеющей воздух, с полостью нагнетания возникает обратный поток жидкости, который сопровождается гидравлическим ударом. Величина повышения ударного давления жидкости будет зависеть от разности давлений в нагнетательной линии системы и в рабочей камере насоса в момент соединения ее с последней. При этом частота пульсаций ударных давлений равна произведению числа рабочих камер насоса на число его оборотов.

Заключение. Анализ влияния воздуха на объемный КПД насоса показал, что его наличие снижает эффективность работы оборудования, вызывая кавитацию, вибрации и износ.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарю научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Объемные гидромашины : учеб. пособие / Борисов Б. П. ; МГТУ им. Н. Э. Баумана. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 237 с.
2. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для вузов / Т. В. Артемьева [и др.] ; под ред. С. П. Стесина. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2008. - 335 с.
3. Бойко, А. А. Создание, исследование и применение новых стеклообразных и композиционных материалов на основе золь-гель процесса / А. А. Бойко, Е. Н. Подденежный // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого: научно - практический журнал. - 2004. - № 4. - С.17-24.
4. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путято, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.

5. Андреев, Ю. А. Объемные гидро- и пневмомашины: пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреев. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 97 с.

УДК 621.793

ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Писарев В.Ю. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: коррозионная стойкость, алюминиевый сплав, микродуговое оксидирование

Актуальность. Алюминиевые сплавы благодаря прочности, легкости и простоте обработки получили большое распространение при изготовлении различных деталей и узлов машин. Высокие эксплуатационные качества и большое разнообразие сплавов с различными свойствами позволили алюминию найти широкое применение и в нефтедобывающей промышленности. В настоящее время успешно применяются такие изделия как бурильные, насосно-компрессорные, обсадные и прочие виды труб, элементы насосно-компрессорного оборудования, резервуары для транспортирования и хранения нефти, фасонные изделия и др. Но алюминий и его сплавы в контакте со сталями образуют контактную гальваническую пару, в которой алюминий, имея более отрицательный электрохимический потенциал, является анодом и подвергается коррозионному разрушению. Данная проблема возникает при соединении алюминиевых труб стальным замком, в резьбовых соединениях и при других типах фиксации деталей на основе алюминия с помощью стального крепежа. Одним из методов защиты алюминиевых сплавов от коррозии является нанесение на детали защитных коррозионностойких покрытий методом микродугового оксидирования (МДО) [1, 4].

Цель работы – нанести методом МДО на поверхность образцов из алюминиевых сплавов защитное оксидно-керамическое покрытие и изучить их коррозионную стойкость в условиях контактной коррозии.

Покрытия наносили на алюминиевую фольгу марки АД1 толщиной 100 мкм. Основываясь на ранее проведенных в ГГТУ им. П.О. Сухого исследованиях [2, 3] в качестве электролита использовали раствор, содержащий силикат натрия (натриевое жидкое стекло) в количестве 50 г/л и гидроксид калия – 2 г/л. Процесс МДО проводили в симметричном анодно-катодном режиме на переменном токе частотой 50 Гц при постоянной плотности тока $j = 6 \text{ А/дм}^2$, которую поддерживали, повышая напряжение по мере роста толщины покрытия начиная с нескольких вольт до 250 В. Коррозионные испытания проводили по ускоренной методике, приближенной к ГОСТ 9.042—75 при постоянном погружении образцов в 3% раствор NaCl при температуре $50 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Для проведения испытаний на контактную коррозию изготавливали конструктивно-подобный образец, имитирующий болтовое соединение алюминий-сталь. Контактная пара состояла из прямоугольного образца алюминия АД1 без покрытия или с покрытием и шайбы М10 из стали ст.3. Два испытуемых металла скрепляли болтовым соединением (болт и гайка М8 из стали марки С1035 с цинковым покрытием). Контактная пара была отделена от материала болта и гайки прокладкой из полиэтилена.

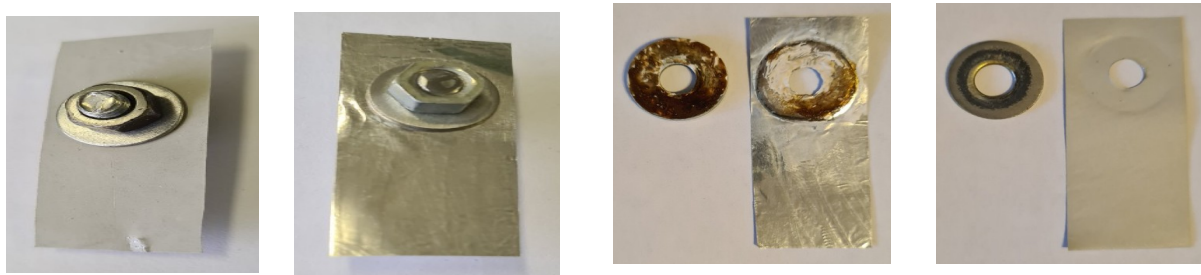


Рисунок – Исходный конструктивно-подобный образец с покрытием и без покрытия (слева) и разобранный образец с покрытием и без покрытия после испытаний (справа).

На рисунке приведен вид контактной пары после 3 суток испытаний. Видно, что при использовании алюминия без покрытия оба металла подвержены сплошной коррозии. В случае алюминия с покрытием на стальной шайбе видны начальные признаки коррозии, а на алюминии с покрытием коррозии нет.

Таким образом, технология МДО позволяет получать на поверхности изделий из алюминия керамическое покрытие стойкое к воздействию агрессивных сред. Такое покрытие успешно защищает алюминиевые детали от различных видов коррозии. Особенно эффективно применение МДО-покрытий в условиях контактной коррозии.

Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого, магистру Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин [и др.]. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368 с.
2. Злотников, А.И. Повышение межслоевой адгезии в гибких фольгированных диэлектриках методом микродугового оксидирования / А.И. Злотников, Г.В. Петришин, И.И. Злотников // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2023. – № 1. – С. 41-47.
3. Злотников, И.И. Повышение антифрикционных свойств керамических покрытий, полученных методом МДО на алюминиевых сплавах / И.И. Злотников, В.М. Шаповалов // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 128-131.
4. Петришин, Г. В. Исследование микроструктуры поверхности лазерных покрытий из диффузионно-легированных порошков на основе отходов производства / Г. В. Петришин, Е. Ф. Пантелеенко, М. В. Невзоров // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 3. – С. 28–37.
5. Буйкус К.В., Григорьев С.В., Оковитый В.А., Саранцев В.В., Снарский А.С., Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В., Федор Иванович Пантелеенко Ф.И., Чой К. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям. – Минск : БНТУ, 2010. – 342 с.

УДК 663.3

БУРОВОЙ РАСТВОР “POLYSOLT”

Яночкин В.Н. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: буровой раствор, ингибиторы глин, геологические условия, бурение, вода

Актуальность. Актуальность исследования буровых растворов, таких как POLYSOLT, заключается в необходимости повышения эффективности и безопасности бурения в сложных геологических условиях. Устойчивость стенок скважины и снижение гидратации глин критически важны для предотвращения аварий и повышения продуктивности работ [1, 2]. Однако современные требования по экологии и утилизации буровых растворов после их отработки [3, 4, 6] требуют поиск оптимизации состава растворов, включая использование инновационных добавок и технологий, что позволит улучшить характеристики буровых растворов и адаптировать их к специфическим условиям бурения, а также предотвратить загрязнения окружающей среды.

Цель работы. Оптимизация состава растворов POLYSOLT. Предложены новые подходы к составу бурового раствора POLYSOLT, включая использование инновационных добавок для повышения его характеристик.

Анализ полученных данных. «POLYSOLT» - полимерный ингибирующий минерализованный буровой раствор на водной основе.

Особенностью промывочной системы POLYSOLT является использование комплекса ингибиторов глин и противосальниковой добавки, таких как Амисил, Асфальтекс, GERTEKS-S59, GERTEKS-S71, а также хлорид калия (КС1) [1].

Хлорид калия (КС1) - из всех существующих промышленно используемых солей калий хлористый наиболее эффективно снижает гидратацию глин.

Амисил эффективно снижает гидратацию глинистых сланцев, не оказывая влияния на удельную плотность бурого раствора. Органический состав продукта, делает его совместимым со всеми типами биополимеров.

Асфальтекс блокирует трещины ствола скважины, предотвращает осыпи и обвалы, а также гидратацию глинистых сланцев. Хорошо зарекомендовал себя при высоких температурах. Асфальт идеален как лубрикант, эмульгатор и как антифильтрационный реагент.

GERTEKS-S71 способствует уменьшению адгезии глинистых частиц, т.е. эффективно предупреждает сальникообразование.

GERTEKS-S59 как полиаминный комплекс, служит для уменьшения дисперсности и гидратации активных глин и сланцевых пластов. Улучшает удаление частиц выбуренной породы. Уменьшает налипание породы на долото и КНБК.

В результате использования комплекса ингибиторов глин поддерживается устойчивость стенок ствола скважины, снижается гидратация глин, сальникообразование и кавернообразование [1].

В связи с технологической особенностью бурового раствора «POLYSOLT», малой мощности надсолевого комплекса и использование хлористого калия при бурении надсолевого интервала в качестве ингибитора глин, для приготовления первых 150 м³ раствора соль техническую использовать в минимальном количестве, для недопущения изменения минерализации глин и образования осыпей. Предусмотрено увеличение концентрации хлористого калия при обработке бурового раствора перед вскрытием солей до 150 кг/м³.

Заключение. В результате проведенного исследования буровых растворов, в частности POLYSOLT, удалось достичь значительных улучшений в области повышения эффективности и безопасности бурения в сложных геологических условиях. Основные выводы включают:

1. Устойчивость стенок скважины: Применение комплекса ингибиторов, таких как Амисил, Асфальтекс и добавки GERTEKS, значительно повышает устойчивость стенок скважины, что критически важно для предотвращения аварийных ситуаций.

2. Снижение гидратации глин: Использование хлористого калия и других ингибиторов позволяет эффективно снизить гидратацию глинистых сланцев, что улучшает общую динамику процесса бурения.

3. Оптимизация состава растворов: Исследование показало, что правильная комбинация добавок позволяет адаптировать буровые растворы к специфическим условиям, что, в свою очередь, обеспечивает более высокую продуктивность и надежность бурения [5].

4. Предотвращение сальникообразования: Внедрение новых технологий и добавок, таких как GERTEKS-S71, эффективно снижает риск сальникообразования, что положительно сказывается на стабильности и безопасности буровых работ.

Таким образом, результаты исследования подтверждают целесообразность и эффективность использования бурового раствора POLYSOLT в сложных условиях, открывая новые перспективы для дальнейших разработок и оптимизации буровых технологий. Эти достижения создают основу для повышения общих показателей безопасности и продуктивности в сфере бурения.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Аткинговской Татьяне Владимировне, старшему преподавателю за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Бруй, Л. К. Буровые и тампонажные растворы : учебное пособие / Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозащита и гидропневмоавтоматика". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. - 135 с.
2. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 90-97.
3. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. - 109 с.
4. Невзорова, А. Б. Влияние изменений климата на состояние котлованов-отстойников буровых сточных вод / А. Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 110-113.
5. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозащита и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
6. Асадчев, А. С. Анализ технологий подготовки нефти и газа нефтяных месторождений Республики Беларусь / А. С. Асадчев, Н. П. Коляда // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 3/4. – С. 126–137.

МЕТОДЫ ВТОРИЧНОГО ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА**Миرونенко А.С. (студент, гр. НР-31)***Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова: вскрытие горизонтов; перфорация, нефтегазоносность, коллектора, колонна*

Актуальность. Высококачественное вскрытие горизонтов обуславливает повышение эффективности геологоразведочных работ и производительности скважин, улучшает приток нефти и газа из малопроницаемых пропластков, что в конечном итоге способствует росту нефтегазоотдачи пластов [1, 2]. Одним из основных условий повышения эффективности геологоразведочных работ является применение таких методов вскрытия и опробования, которые обеспечили бы сохранение естественного состояния коллектора и, следовательно, достаточную надёжность результатов опробования на промышленную нефтегазоносность [3, 4].

Цель работы. Целью данной работы является исследование и анализ современных методов вторичного вскрытия пласта и перфорации, а также разработка рекомендаций по их оптимизации для повышения эффективности извлечения углеводородов.

Анализ полученных результатов. Вторичное вскрытие пласта — это процесс создания перфорационных каналов после установки и цементирования эксплуатационной колонны. Выбор методов вскрытия зависит от различных факторов, таких как степень дренирования и насыщения полезным ископаемым. Качество вторичного вскрытия критически важно для успешного решения задач разведки и эксплуатации [5, 6].

Существует несколько методов перфорации, такие как:

1. Щелевая гидropескоструйная перфорация - осуществляется размывом отверстий или щелей в обсадной колонне, цементном кольце и горной породе смесью песка с жидкостью, выходящей под высоким давлением из насадок гидropескоструйного перфоратора. Перфоратор спускается в скважину в интервал продуктивного пласта. От насосного агрегата под высоким давлением до 30 МПа, подается смесь песка с жидкостью, приготовленная пескосмесительными агрегатами. Смесью вытекает из насадок перфоратора с большой скоростью и промывает в обсадной колонне, цементном кольце и породе продуктивного пласта каналы длиной до 1 м и диаметром до 60 мм.

2. Щелевая гидромеханическая перфорация - осуществляется путем создания механическим способом щелей в обсадной колонне с последующим размывом каналов в цементном кольце и горной породе гидромониторным методом через прорезанные щели гидромеханическим перфоратором, спущенным в скважину на НКТ в интервал продуктивного пласта, создаются механическим путем непрерывные длинные продольные щели. Длина продольных щелей составляет до 3 м. Глубина набитой каверны достигает до 1 м.

3. Пулевая перфорация - в скважину на электрическом кабеле спускают стреляющий аппарат, состоящий из нескольких (8-10) камер-стволов, заряженных пулями диаметром 12,5 мм. Каморы заряжаются взрывчатым веществом (ВВ) и детонаторами. При подаче электрического импульса пули пробивают колонну, цемент внедряются в породу, образуя канал для движения жидкости и газа из пласта в скважину. В результате почти мгновенного сгорания ВВ давление газов в камере достигает 2000 МПа, после чего пуля выбрасывается. Длина образующихся перфорационных каналов составляет 65-145 мм (в зависимости от свойств породы и типа перфоратора).

4. Кумулятивная перфорация - осуществляется стреляющими перфораторами, не имеющими пуль или снарядов. Прострел преграды достигается за счет сфокусированного взрыва. Такая фокусировка обусловлена конической формой поверхности заряда ВВ, облицованной тонким металлическим покрытием (листовой медью толщиной 0,6 мм. Энергия взрыва в виде тонкого пучка газов - продуктов облицовки пробивает канал. Кумулятивная струя приобретает скорость в головной части до 6-8 км/с и создает давление на преграду (0,15-0,3) 106 МПа. При выстреле в преграде образуется узкий перфорационный канал глубиной до 350 мм и диаметром в средней части 8-14 мм. Размеры каналов зависят от прочности породы и типа перфоратора.

5. Торпедная перфорация — осуществляется аппаратами, спускаемыми на кабеле, и отличается от пулевой перфорации тем, что для выстрела используют разрывной снаряд, снабженный взрывателем замедленного действия. Аппарат состоит из секций, в каждой из которых имеется по два горизонтальных ствола. Снаряд снабжен детонатором накального типа. При остановке снаряда происходит взрыв внутреннего заряда, в результате чего происходит растрескивание окружающей породы. Глубина каналов по результатам испытаний составляет 100-160 мм, диаметр канала — 22 мм.

6. Сверлящая перфорация - перфораторы спускаются на геофизическом кабеле. Перфоратор представляет собой электродвигатель с редуктором, благодаря которому осуществляется сверление обсадной трубы и горной породы. Устройство упирается в стенки обсадной трубы и начинается сверление. Глубина просверленных каналов 70-120 мм, диаметр — 12-20 мм. Сверлящая перфорация предпочтительней при вскрытии продуктивных

пластов, расположенных в зоне водонефтяных и водогазовых залежей продуктивных горизонтов, т.к. она обеспечивает шадящий режим вторичного вскрытия.

Заключение. В результате исследования были рассмотрены методы вторичного вскрытия пласта и принцип их работы.

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
2. К вопросу изучения засоленных коллекторов Припятского прогиба геофизическими методами / В. Д. Порошин, Качура, И. В.; Козырева, С. В.; Порошина, С. Л.; Семенова, В. А. // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 1. – С. 81–93.
3. Бочаров, Н. В. Особенности цифровизации бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба) / Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев, Т. В. Аткинская // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкя Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 93–96.
4. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
5. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О.Л. Войтехин, А.Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3.— С. 67-79.

УДК 622.24

БУРЕНИЕ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ РОТОРНО УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Мамрук Р.Е. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: бурение, роторно-управляемая системы, строительство скважин, геонавигация

Актуальность. Современное бурение в Республике Беларусь, особенно на месторождениях Припятского прогиба, требует применения инновационных технологий, обеспечивающих точное вскрытие продуктивных пластов [1,2]. Одной из таких технологий являются роторно-управляемые системы (РУС), позволяющие повышать эффективность и качество буровых работ в условиях сложной геологии и трудноизвлекаемых запасов.

Цель работы. Целью применения РУС является улучшение параметров траектории ствола скважины, сокращение времени строительства и повышение извлечения углеводородов. Системы позволяют управлять направлением бурения без необходимости подъема бурового инструмента, что особенно важно при наклонно-направленном и горизонтальном бурении в карбонатных коллекторах Беларуси.

Анализ полученных результатов. Применение РУС обеспечивает увеличение механической скорости проходки до 30%, улучшает геонавигацию и снижает количество отклонений от проектного профиля скважин. В практической деятельности это выражается в сокращении времени бурения на 30–40%, повышении дебита на 15–25% и снижении затрат на корректирующие операции. Точное попадание в продуктивные горизонты минимизирует риск неудачного вскрытия пластов и упрощает спуск обсадных колонн. Совмещение РУС с системами MWD и LWD позволяет проводить непрерывный мониторинг траектории и адаптировать бурение к реальным геологическим условиям.

РУС можно классифицировать по принципу действия на системы типа «Push-the-bit» и «Point-the-bit». Первый тип воздействует на долото с помощью отклоняющих площадок, смещающих его в заданном направлении, а второй — изменяет положение самого долота относительно оси скважины. В условиях нефтяных месторождений Беларуси, преимущественно представленных карбонатными коллекторами, использование РУС особенно эффективно благодаря возможности высокоточной проходки скважин в пределах ограниченного интервала. Применение РУС снижает вероятность гидроразрыва пород, улучшает очистку скважины от шлама и повышает стабильность траектории. Это особенно важно при бурении сложных трехмерных профилей с

большим отходом от вертикали. Важно также отметить, что использование РУС требует буровых установок с верхним приводом и тщательно очищенного бурового раствора. Внедрение РУС сопровождается необходимостью высокой квалификации персонала и наличия сервисной поддержки. Инженеры-геонавигации используют данные с телеметрических систем MWD и каротажных систем LWD для оперативной корректировки бурения. В Беларуси такие технологии открывают новые перспективы по освоению остаточных и трудноизвлекаемых запасов нефти, в том числе на месторождениях Припятского прогиба, находящихся на четвертой стадии разработки. При этом снижается обводненность продукции, повышается устойчивость буровых процессов и обеспечивается комплексный экономический эффект на всех стадиях строительства скважин [4].

Развитие роторно-управляемых систем тесно связано с цифровизацией бурения и интеграцией с геонавигационными платформами. Использование трёхмерных геологических моделей в реальном времени позволяет адаптировать траекторию бурения к геофизическим условиям продуктивного пласта. Это особенно актуально в условиях Беларуси, где продуктивные горизонты могут резко меняться по мощности и насыщенности. Благодаря РУС удастся минимизировать вероятность выхода ствола скважины за пределы продуктивного интервала. Кроме того, применение РУС сокращает количество боковых стволов и снижает вероятность незакрепленных участков в скважине. Экономическая эффективность таких систем подтверждается снижением общего количества метров бурения и уменьшением аварийных ситуаций. Также происходит оптимизация затрат на обсадку, цементирование и освоение скважины. Применение РУС позволяет эффективно бурить как вертикальные, так и субгоризонтальные скважины, что особенно важно при доразведке залежей. Немаловажным фактором является экологическая составляющая — сокращение времени бурения снижает воздействие на окружающую среду. В будущем планируется интеграция РУС с системами искусственного интеллекта и цифровыми двойниками скважин, что выведет управление бурением на новый уровень [1].

Заключение. Роторно-управляемые системы стали неотъемлемым элементом современного бурения в нефтегазовой отрасли Беларуси. Их применение способствует рациональному освоению ресурсов Припятского прогиба и увеличению коэффициента извлечения нефти при разработке трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения. Внедрение РУС в сочетании с цифровыми технологиями и подготовкой высококвалифицированного персонала является стратегическим направлением развития бурения в стране [5].

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Бочаров, Н. В. Особенности цифровизации бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба) / Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев, Т. В. Аткинская // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкя Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 93–96.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
4. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
5. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевиц, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113–114.

УДК 622.276.6

СОЛЯНО-КИСЛОТНЫЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА КАК МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Литош М.К. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: соляно-кислотный разрыв пласта, кислотная обработка, интенсификация добычи

Актуальность. На территории Республики Беларусь, особенно в пределах Припятского прогиба, значительная часть оставшихся нефтяных запасов относится к трудноизвлекаемым [1]. Для их эффективной разработки требуется применение современных методов интенсификации [2]. Одним из таких методов является соляно-кислотный разрыв пласта (СКРП), сочетающий принципы гидроразрыва и кислотной обработки. СКРП позволяет создавать проницаемые каналы в карбонатных коллекторах, улучшая фильтрационные характеристики и повышая дебит скважин [3].

Цель работы. Целью применения СКРП является повышение продуктивности нефтяных скважин путём создания кислоторастворимых трещин в пласте. Метод позволяет одновременно устранить кольматацию и повысить проницаемость пласта, обеспечивая устойчивый приток углеводородов.

Анализ полученных результатов. Применение СКРП на месторождениях Припятского прогиба, преимущественно в карбонатных коллекторах, показало высокую эффективность. Прирост дебита при использовании нефтекислотной эмульсии достигал до 3,5 т/сут. Особенно эффективен метод при обработке низкопроницаемых и трещиновато-кавернозных пластов. Преимуществами являются отсутствие необходимости применения проппанта, одновременное удаление кольматации и воздействие на зону последней стадии разработки. Однако эффективность метода снижается при высокой обводнённости продукции, а также при низком пластовом давлении.

СКРП применяется преимущественно в карбонатных коллекторах, таких как известняки и доломиты, широко распространённых на нефтяных месторождениях Припятского прогиба. Принцип действия метода основан на закачке соляной кислоты под давлением выше порового, в результате чего в пласте образуются трещины, которые затем растворяются кислотой. Таким образом формируются дополнительные каналы фильтрации, способствующие притоку нефти. При этом растворяющая способность кислоты позволяет не только создавать новые трещины, но и очищать уже существующие, устранить кольматацию и увеличить эффективную зону дренирования. Метод особенно эффективен при низкопроницаемых пластах, где традиционные технологии показывают ограниченные результаты. Важно отметить, что состав кислотного раствора подбирается индивидуально, с учетом минералогического состава породы. Например, в доломитах кислота проникает глубже, а в известняках — быстрее реагирует. Также учитываются параметры кислотной реакции, необходимость использования ингибиторов коррозии, стабилизаторов железа и поверхностно-активных веществ. Современные разработки включают самоотклоняющиеся кислотные системы и многостадийные обработки, позволяющие обрабатывать большие зоны пласта без дополнительного оборудования [4]. Применение компьютерного моделирования позволяет спрогнозировать поведение трещин, повысить эффективность метода и сократить количество неудачных операций. Постоянный мониторинг состояния скважин после обработки позволяет выявлять слабые зоны и оперативно их корректировать. Развитие СКРП идёт в направлении комбинирования с волновыми методами интенсификации и кавитационно-импульсным воздействием. Это особенно важно для месторождений с высоким уровнем обводнённости [5,6]. На практике доказано, что СКРП позволяет получить устойчивый прирост дебита нефти даже в истощённых залежах. В условиях Припятского прогиба данный метод остаётся одним из приоритетных в программе повышения коэффициента извлечения нефти.

Заключение. Соляно-кислотный разрыв пласта является одним из наиболее перспективных методов интенсификации добычи нефти в условиях геологических особенностей Припятского прогиба. Метод успешно применяется в карбонатных коллекторах Припятского прогиба, способствуя восстановлению фильтрационно-емкостных свойств пласта и увеличению коэффициента извлечения нефти. Для дальнейшего повышения эффективности необходимо совершенствование технологий и адаптация составов кислотных систем к геологическим условиям и снижения экологической нагрузки на окружающую среду [7].

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинковой Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Асадчев, А. С. Совершенствование технологии селективной изоляции водопритока на основе применения реагента ОВП-2 / А. С. Асадчев, Т. В. Аткинская, Е. И. Коваленко // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого. – 2019. — № 2. – С. 28–33.
4. Порошина, С. Л. Анализ разработки залежи нефти в воронежских отложениях (верхний фран) Золотухинского месторождения в Припятском прогибе по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Літасфера. 2022. – № 1. – С. 131–148.

5. Применение новых технологий и технических средств в процессе строительства скважин [Электронный ресурс] : сб. стендовых докл. студ. научн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Машиностроит. фак., Каф. «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика» ; под общ. ред. Т. В. Аткинговской. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 19 с.

6. Златина, В. Ю. Анализ эффективности применения современных буровых растворов для повышения качества бурения надсолевого комплекса в структурной зоне Припятского прогиба / В. Ю. Златина, Т. В. Аткинговская // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 108–110.

7. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 109 с.

УДК 622.276

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Снарская Д.С. (студент НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы нефти, гидроразрыв пласта, пакер, жидкость разрыва

Актуальность. В настоящее время одной из основных задач нефтегазозаготовки является вовлечение трудноизвлекаемых запасов нефти, в которых сосредоточено более 50 % остаточных извлекаемых запасов углеводородов [1, 2]. Одним из наиболее эффективных инструментов интенсификации притока является гидроразрыв пласта [3]. Эта технология позволяет «оживить» объекты, на которых добыча нефти традиционными способами уже невозможна или малорентабельна [4,5].

Цель работы – обобщить этапы проведения ГРП и систематизировать информацию о технологии ГРП.

Анализ полученных результатов. Подготовка скважины к ГРП осуществляется в несколько этапов. Забой скважины очищают от песчаной и глинистой пробок и отмывают стенки от загрязняющих отложений. В ряде случаев перед гидроразрывом целесообразно проводить соляно-кислотную обработку или дополнительную перфорацию. Затем в скважину спускают трубы НКТ диаметром 89—114 мм, по которым жидкость разрыва подается на забой. Для предохранения обсадной колонны от воздействия большого давления над разрываемым пластом устанавливают пакер, который полностью разобщает фильтровую зону скважины от ее вышележащей части. Для предотвращения сдвига пакера по колонне при повышении давления на трубах устанавливают гидравлический якорь. Устье скважины оборудуется специальной головкой, к которой подключаются агрегаты для нагнетания в скважину жидкостей разрыва.

Затем в подготовленной и оборудованной скважине в трубы закачивают нефть (при обработке нефтяной скважины) или воду (при обработке нагнетательной скважины) и создают максимально возможное давление. По отсутствию перелива жидкости через затрубное пространство судят о герметичности пакера.

При максимальном числе подключенных насосных агрегатов в скважину закачивают жидкость разрыва со скоростью, превышающей скорость ее поглощения пластом. Давление жидкости возрастает, пока не будут преодолены внутренние напряжения в породе. В породе образуется трещина. О разрыве пласта судят по резкому увеличению приемистости (поглотительной способности) скважины. Отсутствие резкого спада давления в насосах указывает на высокую проницаемость пласта или на существование в пласте естественных трещин, ширина которых постепенно увеличивается по мере нарастания давления. Резкий спад давления при разрыве пласта, сопровождающийся одновременным увеличением приемистости скважины, происходит при обработке пластов с малой проницаемостью при отсутствии в пласте естественной трещиноватости.

Как только развитие трещины началось, в жидкость добавляется расклинивающий материал - проппант или песок, переносимый жидкостью в трещину. После завершения процесса гидроразрыва и сброса давления проппант удерживает трещину открытой и, следовательно, проницаемой для пластовых жидкостей. Последняя порция проппанта в количестве 100—150 кг должна содержать радиоактивные вещества, чтобы в дальнейшем можно было при помощи гамма-каротажа проверить - зоны поглощения расклинивающего материала.

Прокачивают в скважину продавочную жидкость при максимальных давлениях, обеспечивающих раскрытие трещин и введение в них расклинивающего материала. Для этого к скважине должно быть подключено наибольшее число насосных агрегатов, чтобы достигнуть максимальной скорости прокачки. Количество продавочной жидкости должно быть равно емкости колонны насосно-компрессорных труб. При прокачке излишнего количества продавочной жидкости она может оттеснить песок в глубь пласта: это приведет к тому,

что после снятия давления трещина в непосредственной близости к скважине снова сомкнется и эффект от разрыва пласта будет сведен к нулю.

Прежде чем начать добычу из скважины, необходимо удалить жидкость разрыва и извлечь остаток расклинивающего материала с забоя (если он там имеется). Степень сложности ее удаления зависит от характера применяемой жидкости, давления в пласте и относительной проницаемости пласта по жидкости разрыва. Удаление жидкости разрыва весьма важно, так как, понижая относительную проницаемость, она может создавать препятствия на пути притока жидкостей. На этом операции по гидравлическому разрыву пласта заканчиваются: скважину сдают в эксплуатацию. В неглубоких скважинах разрыв пласта обычно проводят без спуска насосно-компрессорных труб или с трубами, но без пакера. В первом случае жидкость нагнетается непосредственно по обсадным трубам, во втором—по трубам и затрубному пространству. Такая технология проведения процесса позволяет значительно сократить потери давления в скважине при нагнетании жидкости с высокой вязкостью.

Заключение. Проведён анализ технологии гидроразрыва пласта и обобщен план её проведения.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю – старшему преподавателю Атвиновской Татьяне Владимировне, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы:

1. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
2. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
3. Применение новых технологий и технических средств в процессе строительства скважин [Электронный ресурс] : сб. стендовых докл. студ. научн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Машиностроит. фак., Каф. «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ; под общ. ред. Т. В. Атвиновской. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 19 с.
4. Атвиновская, Т. В. Изучение сорбционной способности модифицированного диоксида кремния по отношению к нефти / Т. В. Атвиновская, И. И. Злотников, В. Ю. Писарев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 3. – С. 13–20.
5. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
6. Порошин, В. Д. Оценка изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промысловых работ по рассолению продуктивных коллекторов на скважинах Березинского месторождения нефти в Припятском прогибе / В. Д. Порошин, С. Л. Порошина // Літасфера. – 2022. – № 1. – С. 102–118.

УДК 678.674

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЕ СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ МАЛЫХ ДИАМЕТРОВ

Хулуп Д.В. (студент, гр. ГА-21)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: отверстие, электроэрозионное сверление, эффективность, деталь

Актуальность. Существует проблема обработки глубоких отверстий малых сечений (менее 2 мм) в жаропрочных сплавах. Например, современный газотурбинный двигатель (ГТД) состоит из множества деталей из жаропрочных сплавов с отверстиями малых диаметров от 0,3 мм до 2 мм: форсунки, газосборники, трубы жаровые, лопатки, крепёжные элементы и т.д. [1, 2] В каждой группе деталей отверстия имеют своё функциональное назначение и различные требования по качеству: шероховатость поверхности, допуск на диаметр и расположение, состояние поверхностного слоя и т.п. [3].

Цель работы. Исследовать эффективность электроэрозионного сверления деталей ГТД, таких как лопатки сопловые или турбинные работают в экстремальных условиях при температурах близких к температуре плавления сплава.

Анализ полученных результатов. Наиболее ответственные детали ГТД, такие как лопатки сопловые или турбинные работают в экстремальных условиях при температурах близких к температуре плавления сплава. Для обеспечения долговечной и нормальной работы, лопатки перфорированы отверстиями малого диаметра от 0,4

мм до 1 мм с допуском на диаметр от 0,05 мм до 0,1 мм через которые продувается воздух, создающий охлаждающий эффект на рабочей поверхности подверженной тепловому воздействию. В одной лопатке насчитывается до 400 охлаждающих отверстий.

Для обработки отверстий малых диаметров в труднообрабатываемых сплавах существует несколько распространённых методов: лазерная обработка; гидроабразивная резка; электрохимическая обработка и т.д. Кроме перечисленных вариантов обработки отверстий малых диаметров выделяется наиболее целесообразный и прогрессивный метод – электроэрозионное сверление вращающимся трубчатым ЭИ с прокачкой рабочей среды через внутреннюю полость, так называемая «струйная» электроэрозионная обработка [4]. Станки, на которых реализуется данная технология, получили название – электроэрозионная «супердрель» (одна из первых применила название Японская ф. Sodick). Технология «струйной» ЭЭО, как и при традиционной схеме, в своей основе содержит электрофизические явления, но имеет существенные отличия, поэтому выделяется в отдельную разновидность. При первоначальной реализации схемы «струйной» обработки использовались универсальные копировально-прошивочные станки. На шпиндель устанавливалась специальная насадка позволяющая закреплять трубчатый электрод-инструмент и придавать ему вращательное движение. В дальнейшем станкостроительные заводы начали производить специальные станки – «супердрели», предназначенные для обработки отверстий малых диаметров с использованием полого вращающегося ЭИ. Эти станки в основном предназначались для обработки стартовых отверстий в заготовках для заправки проволоки на проволочно-вырезных станках. «Супердрели» как правило, поставлялись и поставляются по настоящее время в паре с проволочно-вырезными станками.

Эффективность электроэрозионного сверления с использованием трубчатого ЭИ прослеживается при детальном рассмотрении процесса ЭЭО. Как при традиционной ЭЭО отверстий сплошными ЭИ, так при обработке трубчатым ЭИ присутствуют основные законы присущие данному виду обработки. В процессе обработки образуются частицы (шлам), возникающие при расплавлении материала детали и инструмента, а так же разложении рабочей среды, в результате воздействия единичных электрических разрядов [5]. Использование трубчатого электрода-инструмента позволяет подавать рабочую среду в зону обработки через внутреннее отверстие под давлением и тем самым вымывать образующиеся токопроводные частицы приводящие к возникновению стационарной дуги и прижёга. Вращение улучшает качество обработки, исключая погрешности электрод-инструмента, например исключает овальность обрабатываемого отверстия.

Электроэрозионное сверление отверстий малых диаметров трубчатым вращающимся ЭИ производилась в образцах из жаропрочного сплава на никелевой основе на специальном электроэрозионном станке с ЧПУ типа «супердрель» модели TSH-600V латунным трубчатым ЭИ диаметром 0,9 мм на глубину 17 мм при которой прекращается ЭЭО сплошным стержневым ЭИ. Время обработки одиночного отверстия трубчатым ЭИ во много раз ниже, чем при традиционной ЭЭО и разрыв увеличивается с увеличением глубины обработки. Длительность обработки отверстия глубиной 1 мм при электроэрозионном сверлении составляет 0,04 мин, что в 25 раз меньше, чем время при традиционной ЭЭО, которое составляет 1 мин. При глубине 14 мм время эрозионного сверления составляет 0,64 мин в 40 раз меньше, чем время при ЭЭО стержневым ЭИ, которое составляет 25 мин.

Сравнительный анализ показал, что «струйная» электроэрозионная обработка имеет преимущество перед традиционной, особенно при обработке относительно малых групп отверстий глубиной более 5 диаметров. При «струйной» обработке более высокая производительность, чем при традиционной электроэрозионной обработке.

Заключение. Таким образом установлено, что применение электроэрозионного сверления трубчатым вращающимся ЭИ отверстий малых диаметров в жаропрочных сплавах позволяет получить существенный эффект при обработке деталей современных конструкций с большим количеством разнонаправленных отверстий глубиной более 5 диаметров.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Литература

1. Определение электрического сопротивления контактного замыкания рабочей зоны при магнитно-электрическом упрочнении / М. П. Кульгейко Мельников, Д. В., Кульгейко, Г. С., Петришин, Г. В. // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. XI Междунар. науч.- техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20–21 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 60 - 61.
2. Путято, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путято, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.

3. Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей: Учеб. пособие/ Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, А.А. Митрофанов и др.; Под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Дрофа, 2002. – 656 с.

4. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. - 109 с.

5. Кульгейко, Г. С. Значение функциональной точности элементов поршневой пары аксиальных роторно-поршневых машин / Г. С. Кульгейко, М. П. Кульгейко // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2018. - № 2. - С. 7-13.

УДК 629.018

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОПРИВОДЕ

Забиран К.Д. (студент, гр. ГА-21)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидравлическое оборудование, температура, рабочая жидкость, перегрев

Актуальность: Эффективная работа подвижной техники и стационарного гидравлического оборудования во многом зависит от поддержания оптимальных температурных условий для обеспечения стабильности работы гидравлического привода [1–3]. По мнению экспертов, перегрев является второй наиболее распространенной проблемой в гидравлическом оборудовании [4].

Цель работы – выполнить обзор схмотехнических решений систем регулирования температуры рабочей жидкости в гидроприводе, провести сравнительный анализ их эффективности.

Анализ полученных результатов. Температура рабочей жидкости выше 82 °С может повредить уплотнения и привести к ухудшению качества масла. По этой причине рекомендуется избегать работы системы выше этой температуры. Однако также следует иметь в виду, что когда вязкость жидкости падает ниже оптимального значения для компонентов гидравлической системы, это показатель того, что температура слишком высокая. Это может происходить при условии температуры значительно ниже 82 °С, в зависимости от вязкости жидкости.

Чтобы поддерживать стабильную температуру жидкости, мощность гидравлической системы в отношении охлаждения должна превышать ее тепловую нагрузку.

Для преодоления проблем повышения температуры в гидравлических системах обычно используются два метода. Один из них связан с уменьшением тепловой нагрузки, а другой с увеличением теплоотдачи.

Гидравлические системы охлаждения и нагревания получили применение в качестве устройств для отвода теплоты от различных машин или объектов (например, от двигателей внутреннего сгорания), а также для подвода теплоты к ним (например, к жилым помещениям) [5]. Принцип работы таких гидросистем заключается в следующем жидкость получает теплоту, затем переносит ее по трубопроводам на определенное расстояние и наконец отдает ее. Следует отметить, что в рассматриваемых системах имеет место перенос теплоты жидкостью, но отсутствует преобразование теплоты в работу (или работы в теплоту), как в тепловых машинах или холодильных установках.

В работе рассмотрены гидравлические системы нагревания и охлаждения, проточные и циркуляционные. Проточные системы получают все меньшее применение в технике, так как имеют два существенных недостатка. Первым недостатком является необходимость технической очистки жидкости перед началом рабочего цикла, а вторым – экологические проблемы из-за ее сброса.

Термосифонная циркуляция жидкости получила ограниченное применение в системах нагревания. Значительно чаще применяются насосные гидравлические системы, особенно в системах охлаждения. Наиболее распространенными из таких устройств являются системы охлаждения тепловых двигателей.

Как правило, дополнительное тепло от гидравлической системы осуществляется через гидравлический резервуар. Увеличение объема поверхности теплопередачи может привести к задержке в процессе нагрева и не оказывает существенного влияния на тепловое состояние гидравлической системы.

Воздушные или водяные теплообменники используются для охлаждения рабочей жидкости и поддержания ее температуры в гидравлических системах. Эти теплообменники поддерживают работу гидравлической системы, помогают увеличить срок службы рабочей жидкости и самой системы и снизить затраты на обслуживание и ремонт. Одним из наиболее часто используемых являются воздушно-масляные охладители.

Отличительной особенностью воздушно-масляных охладителей является теплообмен между внешней стенкой маслообменника и потоком воздуха. Поскольку эти охладители в основном используются для охлаждения гидравлических масел, они совместимы с широким спектром рабочих жидкостей, таких как эмульсии на водной основе, минеральные масла, водные гликоли. Это одна из причин быть одним из наиболее широко используемых в гидравлических системах. Среди преимуществ воздухоохладителей – тот факт, что они могут быть оснащены для работы в агрессивных средах, а также для работы в тяжелых условиях эксплуатации.

Рассмотрены также конструкции комбинированных пластинчатых теплообменников.

Вывод. В работе выполнен обзор конструкций теплообменников для водяного и воздушного охлаждения, и сравнительный анализ их эффективности. Рассмотрены схемы систем регулирования температуры рабочей жидкости в гидроприводе, наиболее эффективные из которых являются комбинированные воздушно-масляные.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Hydraulic components for industrial applications. RE 00112-05/11.05 Replaces: 04.03/Rexroth Bosch Group, 2005. – 1136 p.
2. Теория и проектирование гидропневмосистем: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения / авт.-сост. Ю.А. Андреев, Ю.В. Сериков, С.М. Матвеев. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2011.- 98 с.
3. Шимановский А.О., Путятю А.В. [Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD](#) / А.О. Шимановский, А.В. Путятю // Вестник Уральского государственного технического университета. – 2005. – №11. – С.103-110.
4. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.
5. Андреев Ю.А., Лаевский Д.В. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем: Лабораторный практикум по одноимённому курсу для студентов специальности 1-36-01-07 “Гидропневмосистемы мобильных и технологичных машин”.- Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2014. – 55 с.

УДК 629.7.062

АНАЛИЗ ЧИСТОВЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕРВОМЕХАНИЗМОВ

Зорин М.А. (студент, гр. ГА-21)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: сервомеханизмы, методы обработки, чистовая операция, прецизионная обработка

Актуальность. С развитием современных технологий и высокоточного оборудования, методы обработки металлов становятся все более точными и эффективными [1, 2]. Это позволяет создавать детали и конструкции, которые соответствуют самым строгим требованиям по точности и качеству [3]. Прецизионная обработка металлов имеет широкое применение в современной промышленности и продолжает развиваться, открывая новые возможности для создания высокоточных изделий [4, 5].

Цель работы – выполнить анализ чистовых и отделочных операций применительно к обработке деталей гидравлических сервомеханизмов, гидромашин и аппарат.

Анализ полученных результатов. В промышленности механическая обработка высокой точности в основном используется для обработки прецизионных механических деталей в аппаратуре управления, таких как прецизионные сопрягаемые детали в гидравлических и пневматических сервомеханизмах, рамах и обечайках гироскопов, воздушных и жидкостных плавающих компонентах подшипников, поплавках и др..

Обработка высокой точности – прецизионная, осуществляется с использованием прецизионных станков, прецизионных измерительных инструментов и измерительных приборов в строго контролируемых условиях

окружающей среды. Таким образом проводят резку металла, обтачивание, сверление. Без высокоточного оборудования не обходится вырубная и формующая штамповка, а также шлифовка заготовок. Точность обработки достигает или превышает 0.1 мкм, что называется сверхточной обработкой.

Кроме процессов прецизионной обработки фрезерной и токарной с ЧПУ в работе рассмотрены методы абразивной отделочной обработки.

Отделочная абразивная обработка разделяется на процессы:

а) размерной доводки с уменьшением отклонения формы и параметра шероховатости поверхности (тонкое шлифование, хонингование и доводка);

б) процессы безразмерной доводки, которые применяются лишь для снижения параметра шероховатости поверхности (суперфиниширование, полирование).

Тонкое шлифование характеризуется снятием малых припусков (0,04 – 0,08 мм на диаметр) и высокой точностью (по 5 - 6-му качеству), применением чистовых режимов резания и правки круга. Его осуществляют на прецизионных станках мягкими мелкозернистыми кругами, с плавным ходом пиноли правящего прибора при малых продольных подачах, отсутствии вибрации и упругих отжатий технологической системы. Процесс осуществляется с обильным охлаждением с хорошей фильтрации охлаждающей жидкости.

Методом хонингования получают отверстия с высокой точностью и малой шероховатостью, при этом создается специфический микропрофиль обработанной поверхности в виде сетки. Такой профиль необходим для удержания на стенках отверстия смазки при работе машины, например двигателя внутреннего сгорания. Чаще всего обрабатывают сквозные режы – ступенчатые отверстия, как правило, неподвижно закрепленных заготовок с помощью хонинговальных головок со вставными абразивными брусками.

Абразивная доводка является окончательным методом обработки поверхностей, обеспечивающим малые отклонения размеров и формы обрабатываемых поверхностей и шероховатость $Ra = 0,16...0,01$ мкм. Этот метод характеризуется одновременным протеканием механических, химических и физико-химических процессов. При доводке используют абразивные порошки в виде паст или абразивных суспензий.

Процесс прецизионной обработки позволяет производить детали в условиях от единичного до массового типа производства. Современная прецизионная обработка требует от рабочих высокого уровня квалификации, знаний и навыков в области технологий ЧПУ.

Заключение. Отделочная обработка металлов представляет собой важный и неотъемлемый процесс в современной промышленности, находит применение во многих отраслях, где требуется высокая точность и качество изготавливаемых деталей. С постоянными усовершенствованиями технологий и методов, прецизионная обработка продолжает развиваться и оставаться ключевым элементом производства высокоточных компонентов и конструкций.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Литература

1. Справочник по технологии резания материалов. В 2-х кн., под ред. Г.Шпура, Т.Штеферле; Пер. с нем. под ред. Ю.М.Солорменцева. – М.: Машиностроение, 1985. – 688 с., ил.
2. Дещеня А.Д. Определение параметров шероховатости поверхностей трения с учетом режима приработки / Сборник научных работ [22-ой Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления»](#), Гомель, 28-29 апреля 2022 г. – Гомель: ГГТУ, 2022. – Ч. 1. – С. 62–65.
3. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путятю, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.
4. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.
5. Невзорова А.Б. [Комплексное восстановление деталей подшипниковых узлов](#). / Ремонт, восстановление, модернизация. - 2003. – № 4. –С. 32–35.

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**Кузьменков С.С. (студент гр. ГА-21)***Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова: лазерная наплавка, подложка, лазерная сварка, технологии, восстановление деталей*

Актуальность. Лазеры нашли широкое применение, и, в частности, используются в промышленности для различных видов обработки материалов: металлов, бетона, стекла, тканей, кожи и т.п. Лазерная наплавка — это передовая технология, которая изменила способы ремонта и восстановления компонентов [1]. Это аддитивное производство это включает в себя наплавление слоя материала на подложку с помощью мощного лазерного луча [2]. Этот процесс помогает создать защитные покрытия для улучшения функциональности и восстановления изношенных поверхностей [3-5].

Цель работы – анализ перспективных областей применения лазерных технологий.

Анализ полученных результатов. Лазеры различаются: способом создания в среде инверсной населенности, или, иначе говоря, способом накачки (оптическая накачка, возбуждение электронным ударом, химическая накачка и т. п.); рабочей средой (газы, жидкости, стекла, кристаллы, полупроводники и т.д.); конструкцией резонатора; режимом работы (импульсный, непрерывный). Эти различия определяются многообразием требований к характеристикам лазера в связи с его практическими применениями.

В работе исследован дальнейший прогресс в субмикронной литографии связанный с применением в качестве экспонирующего источника света мягкого рентгеновского излучения из плазмы, создаваемой лазерным лучом.

Лазерные технологические процессы можно условно разделить на два вида. Первый из них использует возможность чрезвычайно тонкой фокусировки лазерного луча и точного дозирования энергии как в импульсном, так и в непрерывном режиме. В таких технологических процессах применяют лазеры сравнительно невысокой средней мощности: это газовые лазеры импульсно-периодического действия, лазеры на кристаллах иттрий-алюминиевого граната с примесью неодима. С помощью последних были разработаны технология сверления тонких отверстий (диаметром 1-10 мкм и глубиной до 10-100 мкм) в рубиновых и алмазных камнях для часовой промышленности и технология изготовления фильеров для протяжки тонкой проволоки. Основная область применения маломощных импульсных лазеров связана с резкой и сваркой миниатюрных деталей в микроэлектронике и электровакуумной промышленности, с маркировкой миниатюрных деталей, автоматическим выжиганием цифр, букв, изображений для нужд полиграфической промышленности.

Второй вид лазерной технологии основан на применении лазеров с большой средней мощностью: от 1 кВт и выше. Так, скорость лазерной сварки стальных листов толщиной 14 мкм достигает 100 м/ч при расходе электроэнергии 10 кВт/ч.

Для сварки металлов используются твердотельные и газовые лазеры периодического и непрерывного действия.

Твердотельные лазеры, используемые в настоящее время для технологических целей в машиностроении, достигают среднего уровня мощности 50-500 Вт, промышленные, серийно выпускаемые газовые лазеры на CO_2 – более 15 кВт.

Опыт промышленного применения твердотельных Nd-лазеров свидетельствует о надежности и безопасности их эксплуатации и простоте управления. Эти лазеры отличаются чрезвычайно высоким (до 10^7 Вт) значениями мощности излучения в импульсе при частотно-периодическом режиме генерации.

Новый перспективный этап в развитии лазерной обработки материалов наступил с созданием газовых лазеров, способных развивать в настоящее время наибольшую среднюю мощность в непрерывном и импульсно-периодическом режиме генерации.

Лазерная сварка с глубоким проплавлением позволяет сваривать металлы с большой скоростью при минимальном тепловом воздействии на материал, прилегающий к зоне расплава.

Принципиальной особенностью лазерного источника нагрева является высокая степень концентрации энергии, обеспечивающая сварку на повышенных скоростях. Таким образом, лазерный процесс улучшает свариваемость металлов, то есть достигается получения качественных сварных соединений из конструкционных материалов, плохо свариваемых дугowymi источниками теплоты.

Одним из важных направлений в разработке технологии лазерной сварки является повышение эффективности процесса. Перспективным представляется использование импульсно-периодических режимов сварки. При частоте следования импульсов 0,4-1 кГц и при длительности 20-50 мс глубина проплавления может быть увеличена в 3-4 раза по сравнению с непрерывным режимом. Оценка термического КПД процесса проплавления при сварке показывает, что при импульсном воздействии эта величина в 2-3 раза выше, чем при непрерывном излучении.

Заключение. Мощная лазерная технология нашла применение в машиностроении, автомобильной промышленности, промышленности строительных материалов. Она позволяет не только повысить качество обработки материалов, но и улучшить технико-экономические показатели производственных процессов.

Специфические особенности процесса лазерной сварки, заключающиеся в высокой степени концентрации энергии, высокой скорости кристаллизации металла шва, существенно расширяет технологические возможности процесса лазерной обработки.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Петришин, Г. В. Исследование микроструктуры поверхности лазерных покрытий из диффузионно-легированных порошков на основе отходов производства / Г. В. Петришин, Е. Ф. Пантелеенко, М. В. Невзоров // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 3. – С. 28–37.

2. Лазеры в технологии / М.Ф.Стедьмах [и др.]; под ред. М.Ф.Стедьмаха. – М.; Энергия, 1975. – 216 с.

3. Буйкус К.В., Григорьев С.В., Оковитый В.А., Саранцев В.В., Снарский А.С., Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В., Пантелеенко Ф.И., Ки Йонг Чой. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям. – Минск : БНТУ, 2010. – 342 с.

4. Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В. Функциональные покрытия из дисперсных металлических отходов / Е.В. Пантелеенко, Г.В. Петришин // [Инновации В Машиностроении \(Инмаш-2015\)](#) : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 23–25 сентября 2015 года – Кемерово, 2015. С.355–360.

5. Петришин Г.В. [Метод обеспечения износостойкости лопаток лопастных смесителей](#) / Г.В. Петришин, В.М. Быстренков, В.И. Одарченко. / Литьё и металлургия. – 2019. – №2. – С. 32–35.

УДК 621.867:62-82

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАВИТАЦИИ В ГИДРОДВИГАТЕЛЯХ ПРИ РАБОТЕ С ПОПУТНОЙ НАГРУЗКОЙ

Жуков Д.А. (студент гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: кавитация, гидродвигатели, гидропривод с попутной нагрузкой, ранжирование факторов

Актуальность. Кавитация – это гидродинамическое явление в гидравлических машинах, в том числе в насосах, зависящее от гидродинамических характеристик машины и физических свойств жидкости, приводящее к разрушению как движущихся, так и неподвижных частей гидравлических машин [1–3]. Длительная работа лопастных насосов в условиях кавитации приводит к характерному разрушению их рабочих колес, зависящему от свойств металла и степени развития кавитации. Кавитация нарушает нормальный режим работы гидросистемы, а в отдельных случаях может вызвать разрушение ее агрегатов [4]. Разрушительному действию кавитации подвергаются насосы, золотники, клапаны и прочие гидроагрегаты, причем это действие проявляется зачастую в очень короткое время [5]. Так, например, наблюдаются случаи выхода из строя аксиально-поршневых насосов, происходящие в результате кавитационного разрушения (износа) распределительной пары и сопровождающегося недопустимого падения производительности за время работы от 20 мин до 1 ч.

Цель работы – исследовать причины кавитации, её последствия и наиболее рациональные способы предотвращения этого явления в гидродвигателях при работе гидропривода с попутной нагрузкой.

В условиях работы гидропривода с попутной нагрузкой, кавитация чаще всего возникает из-за резкого изменения давления и скорости жидкости. Кавитация возникает, когда давление жидкости в определенных зонах падает до уровня давления насыщенных паров, что приводит к образованию пузырьков газа.

Анализ полученных данных позволил провести ранжирование перечня основных факторов, способствующих возникновению кавитации:

– высокие скорости потока при увеличении скорости жидкости давление в узких местах трубопровода снижается, что может привести к образованию пузырьков;

- неправильное проектирование трубопроводов – резкие изгибы и сужения могут вызвать падение давления;
- при низких температурах вязкость жидкости увеличивается, что также может способствовать кавитации.

Кавитация вызывает ряд негативных последствий, включая:

- разрушение компонентов – микроскопические гидравлические удары, возникающие при схлопывании пузырьков, могут привести к эрозии металла;
- снижение производительности – возникающие газовые пробки могут уменьшить подачу жидкости и общую эффективность системы;
- увеличение износа – кавитация ухудшает защитные свойства рабочих жидкостей, что приводит к повышенному износу деталей.

Выполнен анализ способов предотвращения кавитации, основными из которых являются:

Оптимизация проектирования:

- правильное размещение гидробака выше всасывающей камеры насоса позволяет создать дополнительное давление, снижающее вероятность кавитации;
- увеличение диаметра всасывающего трубопровода снижает потери на трение и уменьшает риск возникновения кавитации.

Управление параметрами работы:

- Снижение скорости потока за счет установление дросселей или клапанов в сливных линиях позволяет контролировать скорость жидкости и предотвращать кавитацию.
- оптимизация вязкости жидкости на низком уровне помогает снизить гидравлические потери и уменьшить кавитацию.

Использование специальных устройств:

- антикавационные устройства, например установка эжекторов или специальных насосов, способных работать при низком давлении, помогает предотвратить образование пузырьков
- дегазация рабочей жидкости – удаление растворённых газов из жидкости способствует снижению вероятности кавитации.

Контроль и мониторинг:

- регулярный мониторинг состояния жидкости за счет использование датчиков и контрольных систем позволяет своевременно выявлять изменения, способствующие кавитации;
- лабораторные исследования – периодическое тестирование физико-химических свойств рабочей жидкости помогает поддерживать её в оптимальном состоянии.

Заключение. Кавитация в гидродвигателях является серьезной проблемой, которая требует комплексного подхода к её предотвращению. Применение рациональных методов проектирования, управления параметрами работы, использования специальных устройств и регулярного мониторинга состояния рабочей жидкости поможет существенно снизить риск возникновения кавитации и повысить эффективность работы гидроприводов с попутной разгрузкой.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы.

1. Михневич, А. В. Некоторые вопросы форсирования по давлению аксиально-поршневых гидромашин / А. В. Михневич, Д. Л. Стасенко // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2011. – № 3. – С.10–14.
2. Кульгейко, Г. С. Значение функциональной точности элементов поршневой пары аксиальных роторно-поршневых машин / Г. С. Кульгейко, М. П. Кульгейко // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2018. – № 2. – С. 7–13.
3. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путятю, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.
4. Капанский, А. А. Ключевые направления и мировые практики повышения эффективности и надежности водоснабжения / А. А. Капанский // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 82–98.
5. Стасенко, Д. Л. Методика расчета героторного насоса с эпициклоидальным зацеплением / Д. Л. Стасенко, Д. В. Лаевский // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2011. – № 2. – С.23–30.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТЕНДА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Пронин П.Д. (студент гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: испытания, имитационная модель, испытательный стенд, гидропривод

Актуальность. Испытания играют важную роль в обеспечении безопасности, надежности и работоспособности гидропривода. Испытания дают возможность исследовать свойства аппаратуры в результате симуляции различных условий работы [1,2].

Целью работы является разработка имитационной модели испытательного стенда и методики испытания дросселирующего распределителя с пропорциональным управлением.

Анализ полученных результатов. Предметом исследования является дросселирующий распределитель с пропорциональным управлением прямого действия NG6. Дросселирующий распределитель – регулирующий гидроаппарат управляющий расходом и направлением потока рабочей жидкости в нескольких гидрелиниях одновременно. Объёмный расход регулируется пропорциональными магнитами. Распределитель обладает следующими характеристиками: максимальный расход равен 40 л/мин и максимальное давление равно 350 бар.

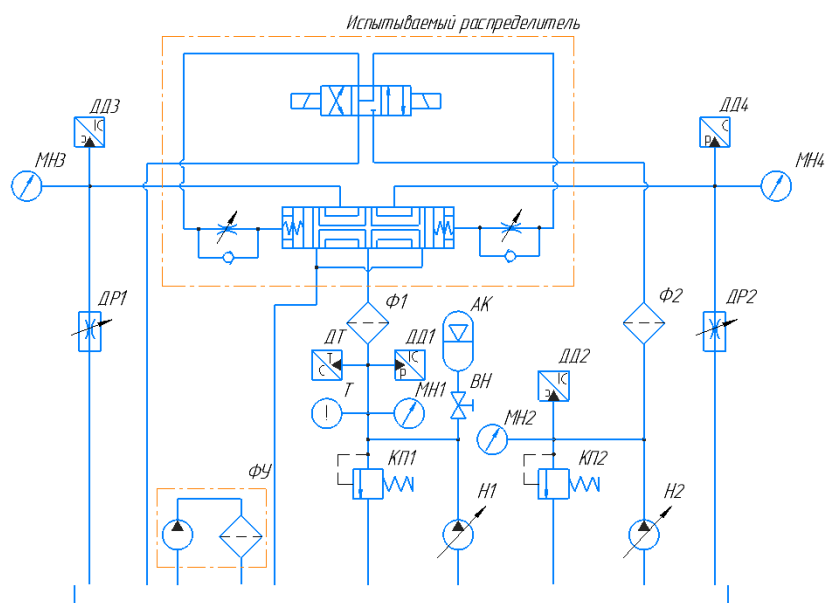


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда

Методика и разработка модели стенда будет основана на ГОСТ 20245-74. Типом испытаний были выбраны приемосдаточные. Показатели, которые необходимо проверить, являются испытания на функционирование, прочность, наружная и внутренняя герметичность, зависимость перепада давлений от расхода, максимальный расход при номинальном давлении и максимальная продолжительность включения при номинальных значениях давления и расхода.

В конструкцию стенда входят насосы Н1 и Н2, предохранительные клапаны КП1 и КП2, фильтры Ф1 и Ф2 для поддержания необходимой чистоты жидкости, дроссели Др1 и ДР2 для возможности регулировать проходимое количество жидкости и измерительную аппаратуры для снятия необходимых показателей (рис. 1).

В работе описан алгоритм проведения испытаний, в ходе которых на стенде выполняется:

Проверка функционирования. 1.

В зависимости от типа гидроаппарата проверяют: проход рабочей жидкости в линиях, предусмотренных схемой гидроаппарата; характер и величину перемещения рабочих элементов гидроаппарата; регулирование расхода, давления, времени и т. д. [3].

2. Проверка прочности. Проверке должны подвергаться все полости, в которых во время функционирования гидроаппарата возможно создание избыточного давления. Прочность проверяют одновременным подводом

рабочей жидкости к различным линиям гидроаппарата при давлении не менее $1,5 p_{ном}$ для каждой из этих линий с выдержкой не менее 3 мин.

3. Проверка наружной герметичности.

4. Проверка внутренней герметичности.

5. Проверка зависимости перепада давлений от расхода $\Delta p=f(Q)$.

6. Проверка максимального расхода при номинальном давлении.

7. Проверка максимальной продолжительности включения гидрораспределителя при номинальных значениях давления и расхода.

Показания приборов выводятся на отдельный монитор. Передача данных происходит следующим образом: сигнал с датчика преобразуется и подаётся на блок аналого-цифрового преобразования. Оцифрованные данные используются далее управляющим устройством – микроконтроллером, для передачи на персональный компьютер и управления давлением, расходом и температурой посредством электромагнитных клапанов, подключённых на впуск и выпуск.

Заключение. Исходя из описанного выше можно сделать вывод, что испытательные стенды и сами испытания являются важной частью производства гидроаппаратуры. Подход к испытаниям должен быть ответственным, так как от этого будет зависеть не только надёжность и работоспособность отдельного аппарата, а всей системы в целом.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.

2. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путятю, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.

3. ГОСТ 20245-74 «Гидроаппаратура. Правила и методы испытания». – М., 1974. – 48 с.

4. Теория и проектирование гидропневмосистем. Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»/ авт-сост.: Ю.А. Андреевец, Ю.В. Сериков. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2007. – 42 с.

5. Мицура Д. Ю., Андреевец Ю. А., Стасенко Д. Л. Обоснование эффективности использования сдвоенной насосной установки в гидроприводе пресса / Современные проблемы машиноведения: материалы XII Междунар. науч.- техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 61-64.

УДК 629

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ДЛЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Баранов А.М. (студент гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого г. Гомель, Республика Беларусь

Ключевые слова: ресурсные испытания, методика, гидроцилиндр, циклограмма, аппаратура

Актуальность. Методика ресурсных испытаний (РИ) заключается в ускоренной выработке ресурса гидроцилиндра с периодической проверкой (диагностикой) его параметров. Исходя из этого, аппаратура для стационарного диагностирования объединяется с аппаратурой для РИ.

К предлагаемой схеме РИ можно отнести долговременные непрерывные прогоны гидроцилиндров на режимах, близких к реальным рабочим, изменяющихся автоматически по определенной циклограмме [1].

Возможны различные варианты создания аппаратуры для проведения РИ гидроцилиндров [1; 2]. Наиболее просто реализуемый вариант – использование для каждого гидроцилиндра своего программатора ресурсных испытаний с жестко заданной на аппаратном уровне циклограммой [2]. Но такое решение неэкономично и

неудобно в эксплуатации, так как любые изменения алгоритма и циклограммы испытаний неизбежно приводят к аппаратным изменениям и перенастройкам. Также работа устройства по жесткой логике значительно сокращает возможности по реализации дополнительных функций, повышающих степень гибкости управления испытаниями.

Другим вариантом является использование универсальных широко доступных устройств – персональных компьютеров. Дооснащение ПК аппаратными средствами, необходимыми для проведения РИ, позволяет создать единый комплекс. Гибкость программного управления таким комплексом позволяет совершенствовать самые разнообразные алгоритмы и циклограммы, внедрять сервисные функции практически любых уровней сложности.

Измерение и оценка важнейших рабочих параметров необходимо не только для мониторинга текущего состояния гидросистемы, но также для: сертификации, периодической проверки, проверки безопасности с соответствующими устройствами управления, инспекционного контроля, диагностики неисправностей.

Цель работы. Разработать методику испытаний и модель испытательного стенда для приемосдаточных испытаний гидроцилиндра КГЦ 80.50-800.

Методика испытаний. Испытания гидроцилиндра КГЦ 80.50-800 с техническими характеристиками: рабочее давление номинальное 16 МПа, максимальное – 20 МПа; усилие на штоке толкающее 76,4 кН, тянущее – 46,6 кН; выполняются по ГОСТ 18464-96 “Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний”.

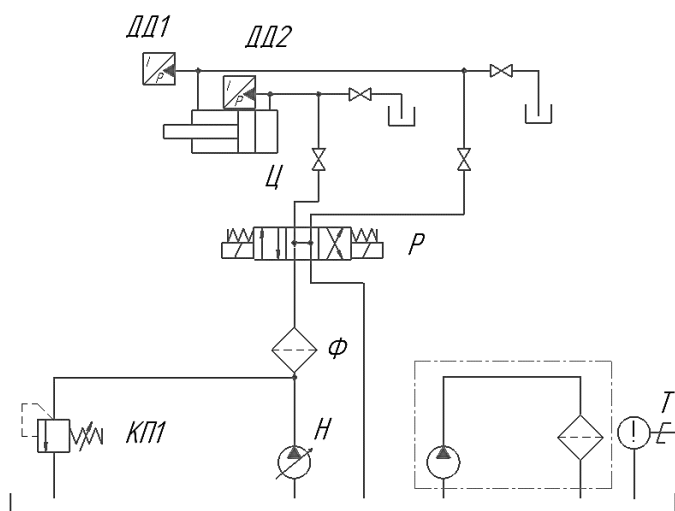


Рисунок 1 – Схема автоматизированного испытательного стенда гидроцилиндра

Спроектирован стенд с помощью которого можно проводить испытания гидроцилиндра на прочность, функционирование на холостом ходу, наружную герметичность по неподвижным соединениям, внутреннюю утечку, давления страгивания и холостого хода.

Прочность гидроцилиндров проверяют при статическом пробном давлении

($P_{\text{проб}} = P_{\text{ном}} \cdot 1,5 = 24 \text{ МПа}$) по ГОСТ 16514 в течение не менее 30 секунд при приемосдаточных испытаниях. Прочность гидроцилиндра, в данном случае двухстороннего действия проверяют в двух крайних положениях поршня.

Два установленных датчика давления ДД1, ДД2 типа ISP-600М настраиваются на статическое пробное давление, переключается распределитель в левое положение, тогда ГЦ совершает рабочий ход и устанавливается в крайнем левом положении, при переключении Р в правое положение ГЦ совершает рабочих ход и устанавливается в крайнем правом положении.

Не допускаются видимые признаки разрушения и деформации гидроцилиндра, прекращение функционирования, нарушение наружной герметичности или превышение установленных норм герметичности через уплотнитель штока (плунжера) [4].

Функционирование проверяют путем последовательного сообщения полости с напорной и сливной магистралями, осуществляя трехкратное перемещение штока (плунжера) по всей длине в обе стороны. Проверку функционирования допускается совмещать с проверкой давлений страгивания и холостого хода. Проверку функционирования проводят в двух режимах: без нагрузки и при номинальном давлении.

Наружная герметичность проверяется при статическом пробном по ГОСТ 16514 в рабочих полостях гидроцилиндра [3]. Течь рабочей жидкости через стыки, сварные швы и неподвижные соединения, потение наружных поверхностей не допускаются [5].

Внутреннюю утечку следует проверять при номинальном давлении не менее чем через 30 с после установки поршня в двух крайних и среднем положениях. Утечка рабочей жидкости, поступающая из полости гидроцилиндра, не находящейся под давлением, измеряется путем фиксирования секундомером времени заполнения мерной емкости.

Давление страгивания без нагрузки и давление холостого хода определяют в следующем порядке: поршень (плунжер) устанавливаю в одно из крайних положений, после чего в полость, являющуюся в данном случае рабочей, подаю рабочую жидкость и постепенно увеличиваю давление от значения, при котором поршень еще не движется, до значения, при котором он начинает перемещаться. Давление начала перемещения является

давлением страгивания. При начавшемся после страгивания перемещении поршня давление плавно уменьшают до значения, при котором поршень начнет перемещаться рывками, что определяется визуально.

Давление, после которого начинаются рывки, является давлением холостого хода. Затем поршень ставится в другое крайнее положение, проверка проверяет в указанной выше последовательности. Давление в нерабочей полости при данных испытаниях должно быть близким к нулю.

Заключение. В результате разработки методики испытаний спроектирована модель стенда для приемосдаточных испытаний гидроцилиндра КГЦ 80.50-800

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кульгейко Г.С., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2002. - № 3-4. - С. 5-7.

2. Лаевский Д.В. Закономерности течения потока жидкости и действие гидродинамических сил на золотниках пропорционального гидрораспределителя/ Д.В. Лаевский, Д.Л. Стасенко, Ю.А. Андреев// Современные проблемы гидропневмосистем машин: сборник докладов Междун. научн-практ конференции. – Минск: БНТУ, 2011. – С. 63–71.

2. Невзорова А.Б. [Комплексное восстановление деталей подшипниковых узлов](#). – Ремонт, восстановление, модернизация, 2003. – № 4. –С. 32–35.

3. Невзорова А.Б. Влияние минерального моторного масла на механические характеристики изделий, изготовленных по технологии FDM-печати / А.Б.Невзорова, А.А. Михальченко. – Горная механика и машиностроение. 2024. – № 2. – С.85–94.

4. Стасенко, Д. Л. Моделирование процессов течения жидкости в проточной части гидрораспределителя, форсированного по давлению / Д. Л. Стасенко, Д. В. Лаевский // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2013. - № 2. - С.17-24.

5. Михневич, А. В. Некоторые вопросы форсирования по давлению аксиально-поршневых гидромашин / А. В. Михневич, Д. Л. Стасенко // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2011. - № 3. - С.10-14.

УДК 621.43

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СМАЗОЧНЫХ СИСТЕМ

Хоменок Я.А. (студент гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель

Ключевые слова: смазочные системы, проектирование, золотниковая секция, отвод, питатель

Актуальность. Смазочные системы является обязательной составляющей почти каждой технологической и мобильной машины [1], поскольку эффективное смазывание значительно влияет на срок службы механизмов и оборудования [2], повышает энергоэффективность машины и уменьшает износ механических компонентов [3,4].

Цель работы. Исследовать особенности проектирования последовательных смазочных систем, потенциал использования таких систем, где необходима простая и универсальная и экономически выгодная концепция управления.

Анализ полученных результатов. В системе последовательного действия распределители 3 и 5 (рис.1) собраны из секций делят смазку, подаваемую насосом в линии 6, в рассчитанных пропорциях в необходимом для работы количестве в каждую точку смазывания. Каждая промежуточная секция имеет два отвода. Получить один отвод в золотниковой секции можно путем соединения двух отводов, при этом один из отводов должен быть обязательно заглушен. Питатель осуществляет один цикл, когда все золотники совершат по одному возвратно-поступательному движению, секция с одним отводом (со сквозным каналом) за цикл выдает двойную дозу смазочного материала. Количество смазочного материала, подаваемого к каждому отводу за цикл питателя, определяется типоразмером секции и диаметром золотника секции, обслуживающей отвод. Каждая секция питателя имеет маркировку, характеризующую подачу за цикл, вид смазочного материала и количество отводов.

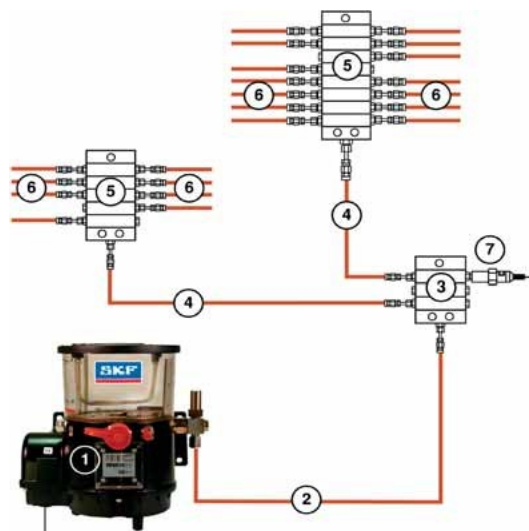


Рисунок 1 – Схема последовательной централизованной системы смазывания: 1 – насос; 2 – главные линии; 3– главный распределитель; 4 – вторичные линии; 5 – вторичные распределители; 6 – линии, идущие к точкам смазки; 7 – датчик циклов смазывания

При выборе типоразмера питателя для проектируемой смазочной системы определяется минимальная заданная подача смазочного материала в отвод к точке смазки, входящей в группу точек, обслуживаемых одним питателем, и по ней выбирается целая секция питателя. Остальные секции выбираются по отношению заданной подачи смазочного материала к остальным точкам смазки к подаче базовой секции. Если это количество некратно подаче смазочного материала базовой секцией, то выбирают секцию, подача которой имеет ближайшее большее значение. Для расчета первичного питателя определяют суммарные подачи смазочного материала вторичными питателями за цикл. При минимальной подаче смазочного материала в отвод первичного питателя выбирается его базовая секция [5].

В последовательных смазочных системах может быть осуществлен наиболее надежный контроль работы путем применения прибора, автоматически контролирующего частоту сигналов, поступающих от датчика индикатора циклов, индикаторов блокирования, устанавливаемых на отводах питателей, реле и датчиков давления, расхода, температуры и др. Контроль за работой одной из секций блока равносителен контролю за работой всего блока, с этой целью используют индикаторы с выдвижным штоком, с выводом смазочного материала наружу и др. При проектировании последовательных систем, работающих со значительной (более 30 МПа) разницей давления между отводами питателей, устанавливают подпорные и дополнительные обратные клапаны, уравнивающие это давление.

Заключение. Последовательная смазочная система является достаточно простой, универсальной, надежной и экономически выгодной. Система обладает централизованным контролем, что делает ее особенно полезной для уникального и дорогостоящего оборудования с множеством смазываемых точек.

Список литературы

1. Кульгейко Г.С. Конструирование и расчет систем смазки / Г.С. Кульгейко. - Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого. 2024 – 130 с. : ил
2. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов : в 2-х т. / Под ред. Е. А. Эминова. – 3-е изд., перераб. И доп.– М. : Химия, 1969. – Т. 1. – 384 с.
3. Андреев Ю.А., Лаевский Д.В. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидropневмосистем: Лабораторный практикум по одноимённому курсу для студентов специальности 1-36-01-07 “Гидropневмосистемы мобильных и технологических машин”.- Гомель: Учреждение образования “ГГТУ им. П.О.Сухого”, 2014.-55 с.
4. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путятю, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.
5. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОТОРНЫХ И МОДУЛЬНЫХ РОТОРНЫХ БУРИЛЬНЫХ СИСТЕМ**Тихонов М. С. (студент, гр. НР-31)***Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова: модульные роторные системы, эффективность бурения, технологические инициативы*

Актуальность. Актуальность сравнительного анализа модульных роторных и роторных бурильных систем обусловлена необходимостью повышения эффективности и производительности бурения, снижения экономических затрат и адаптации к различным условиям [1-3]. Из-за жесткой конкуренции на рынке выбор между этими системами влияет на общую эффективность работ и минимизацию воздействия на окружающую среду, что делает данный анализ особенно важным [5].

Цель исследований – изучить традиционные роторные и модульные роторные бурильные системы; выявить их преимущества и недостатки; выяснить, какая из систем обеспечивает более высокую производительность и эффективность в различных условиях бурения.

Анализ результатов исследований. Результаты исследования сравнительного анализа двух бурильных систем могут быть представлены в виде ключевых выводов, которые подводят итоги проведённого анализа. Приведу краткий набор результатов:

1. Эффективность бурения. В ходе исследования было установлено, что модульные роторные системы демонстрируют более высокую скорость бурения в условиях мягких и средних пород. Это связано с их конструктивной особенностью, которая позволяет быстро изменять конфигурацию оборудования. Благодаря этому, они способны адаптироваться к различным геологическим условиям, что делает их идеальными для проектов, где необходимо оперативно реагировать на изменения в составе породы.

Однако, роторные системы значительно эффективнее в работе с твёрдыми породами. Их конструкция обеспечивает стабильную работу при высоких нагрузках, что особенно важно при бурении в сложных условиях. Их компоненты прочны, а сама система гарантирует надёжность в выполнении определенных задач.

2. Экономические аспекты. Начальные затраты: Модульные системы требуют меньших первоначальных инвестиций, что делает их доступными для малых и средних компаний. Их простота в установке и эксплуатации также снижает затраты на обучение персонала. Эксплуатационные затраты: Роторные системы, хотя и требуют больших начальных вложений, могут быть более экономичными в долгосрочной перспективе благодаря высокой производительности и меньшему времени простоя. Однако они могут потребовать более дорогого обслуживания и специализированных частей.

3. Гибкость и адаптивность. Модульные системы: Благодаря своей конструкции, модульные системы могут быть быстро перемещены между местами работ, что делает их идеальными для проектов с изменяющимися условиями или требованиями. Их можно легко адаптировать под различные типы бурения, что позволяет оптимизировать процессы.

Роторные системы менее гибкие в плане перемещения, но обеспечивают стабильность и надёжность в долгосрочных проектах. Они лучше подходят для постоянных установок, где требуется высокая производительность на протяжении длительного времени.

4. Безопасность и экология. В области безопасности оба типа систем продемонстрировали высокие стандарты. Однако модульные системы имеют некоторые преимущества в плане снижения воздействия на окружающую среду. Они генерируют меньше отходов и более эффективно управляют ресурсами, что позволяет минимизировать негативное влияние на экосистему.

С другой стороны, роторные системы могут требовать более сложного управления выбросами и отходами, особенно в условиях интенсивного бурения. Это требует дополнительных усилий по соблюдению экологических норм и стандартов, что может увеличить общие затраты на проект.

5. Технологические инновации. Внедрение новых технологий стало важным аспектом в сравнении систем. Модульные роторные системы активно интегрируют автоматизацию и мониторинг в реальном времени, что значительно повышает их эффективность и уменьшает время простоя [4, 5]. Эти инновации позволяют операторам оперативно реагировать на изменения в процессе бурения и оптимизировать работу оборудования.

Роторные системы, хотя также начинают внедрять новые технологии, демонстрируют более медленные темпы адаптации. Это может быть связано с консервативным подходом к изменениям в уже устоявшихся процессах бурения.

Заключение. В результате проведенного исследования стало очевидно, что выбор системы зависит от конкретных задач и условий. Необходимо учитывать глубину бурения, мобильность, стоимость и требования к площадке.

Благодарность. Выражаю благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Шепелевой И.С. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Войтехин О.Л., Лымарь О. В., Мельников Ю. В., Невзорова А. Б. Апробация технологии PLUTON в условиях I–III пачек петриковских продуктивных отложений скважины 466g Речицкой / О. Л. Войтехин [и др.] // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1 (1). – С. 8–16.
3. Громов, Н. И. Основы бурения нефтяных и газовых скважин. – М.: Издательство "Наука", 2010. – 150 с.
4. Чернин, Р. И. Совершенствование технологий ремонта и изготовления соединений с натягом элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава / Р. И. Чернин, А. В. Путято, И. Л. Коцур // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 1. – С. 29–40.
5. Серебrenников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебrenников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.

УДК 622.276.6(571.1)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДУКТИВНОСТИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Литош М.К. (студентка, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: коэффициент продуктивности, нефтяная скважина, добыча нефти

Актуальность. Определение коэффициента продуктивности нефтяных скважин является важной задачей для нефтегазовой отрасли, так как позволяет максимально эффективно использовать ресурсы месторождения и прогнозировать поведение скважин в процессе эксплуатации [1,2]. В современных условиях, когда многие нефтяные месторождения находятся на завершающих стадиях разработки и характеризуются осложненными геолого-техническими условиями, вопрос точного определения коэффициента продуктивности приобретает особое значение [3,4].

Цель работы – достоверно определить коэффициент продуктивности нефтяной скважины и установить характер притока нефти к её забою для повышения точности прогнозирования добычи и оптимизации технологических режимов.

Анализ полученных результатов. В ходе выполнения исследовательской работы был проведен анализ, который позволил установить характер притока нефти к забою (ламинарный или нелинейный) и подтвердить необходимость учёта данных параметров при проектировании и эксплуатации скважин. Также было выявлено, что на определённых режимах возникают отклонения от линейного закона Дарси, связанные с высокими скоростями фильтрации и появлением турбулентных эффектов. На основании полученных результатов были разработаны рекомендации по оптимизации режимов эксплуатации скважин, направленные на минимизацию нелинейных явлений и улучшение показателей продуктивности.

Также точные знания о коэффициенте продуктивности позволяют принимать обоснованные решения при выборе оптимальных методов интенсификации добычи нефти.

Продуктивность скважины – это отношение дебита скважины к депрессии, характеризующее возможности скважины по добычи. Дополнительно было установлено, что факторы, такие как колебания пластового давления, изменение проницаемости пород и степень загрязнения призабойной зоны, существенно влияют на результаты расчётов коэффициента продуктивности, поэтому необходимо использовать современные методы исследования, такие как многоступенчатые испытания, которые позволяют получить более точные данные о характере притока и сделать правильные выводы о работе скважины.

Заключение. Полученные результаты исследований могут быть использованы для корректировки моделей прогнозирования дебитов нефтяных скважин и позволят более точно учитывать особенности гидродинамических условий при проектировании и эксплуатации месторождений. Проведённое исследование подтвердило необходимость дальнейшего совершенствования методов и подходов к определению коэффициента продуктивности для учёта специфических особенностей месторождений и улучшения эксплуатационных характеристик скважин.

Благодарность. Выражаю глубокую признательность и благодарность научному руководителю Шепелевой Ирине Сергеевне, старшему преподавателю, за ценные консультации, профессиональную поддержку и помощь в реализации данного исследования.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Захаров, А.В., Козырева, С.В., Аткинговская, Т.В. Оборудование для добычи нефти и газа: лабораторный практикум. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – 75 с.
3. Порошин, В.Д., Козырева, С.В., Порошина, С.Л. Разработка нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие. - Гомель: ГГТУ им.П.О.Сухого, 2024. - 399 с.
4. Войтехин О.Л., Лымарь О. В., Мельников Ю. В., Невзорова А. Б. Апробация технологии PLUTON в условиях I–III пачек петриковских продуктивных отложений скважины 466g Речицкой / О. Л. Войтехин [и др.] // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1 (1). – С. 8–16.
5. Порошин, В. Д.; Качура, И. В.; Козырева, С. В.; Порошина, С. Л.; Семенова, В. А. К вопросу изучения засоленных коллекторов Припятского прогиба геофизическими методами / В. Д. Порошин [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 1. – С. 81–93.

УДК 622.276/.279

РАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГИС С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАСТОВ КОЛЛЕКТОРОВ И ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Казак Р.А. (студент, гр. НР-21)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: геофизические исследования скважин, пласт, коллектор, характеристика разреза,

Актуальность. Геофизические методы позволяют получить достаточно полные сведения о литологическом и стратиграфическом разрезе скважины [1], выявить в разрезе пласты-коллекторы и определить их фильтрационно-емкостные количественные характеристики, глубину залегания, без чего не возможна эффективная разработка залежи углеводородов [2,3]. Геофизические исследования скважин (ГИС) имеют широкий спектр применения в процессе разработки залежей углеводородов, начиная от бурения скважины, её эксплуатации и до ликвидации. Существует несколько комплексов ГИС: ГИС в открытом стволе с целью определения пластов коллекторов и пр.; комплекс ГИС для контроля технического состояния скважины; комплекс ГИС для контроля за разработкой [4,5].

Цель работы – изучить методы ГИС и сформировать рациональный комплекс ГИС для изучения открытого ствола с целью литолого-стратиграфической характеристики разреза, выявления пластов коллекторов и полной их характеристики; научиться интерпретировать данные результатов исследования (рисунок 1).

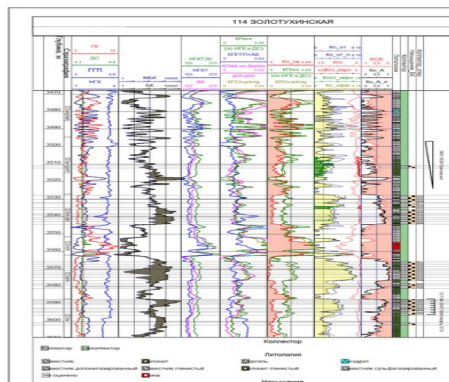


Рисунок 1 – Результаты данных ГИС разреза скважины (1-3 трек исходные данные; 4-7 расчётные)

Анализ полученных результатов. В результате изучения методов ГИС представляется возможность составить рациональный, стандартный комплекс ГИС состоящий из следующих методов:

Гамма-каротаж (ГК) – регистрирует естественную радиоактивности горных пород, что позволит выявить наличие глинистого минерала и в комплексе с нейтронным гамма каротажем (НГК) выделить чистые коллектора. Нейтронный гамма-каротаж (НГК) – для определения пористости горных пород.

Гамма-гамма плотностной каротаж (ГГП) – для определения плотности, литологии и наличия коллекторов.

Боковой каротаж (БК) – для определения характера насыщения пласта.

Акустический каротаж (АК) – для определения пористости (иным методом от НГК), литологии слагающей пласт, структуры порового пространства, упругих свойств пласта.

Диаметр скважины (ДС) – для определения профиля скважины (наличие сужений и размывов в скважине).

Заключение. Рациональность стандартного комплекса ГИС заключается в минимальном количестве спуско-подъемных операций и получении полной информации о пробуренной скважине и о пластах слагающих её.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Шепелевой Ирине Сергеевне, старшему преподавателю кафедры, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы:

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Шепелева, И. С. Промысловая геофизика : практикум по выполнению лабораторных работ по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" дневной и заочной форм обучения / И. С. Шепелева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 54 с.
3. Косков В.Н., Геофизические исследования скважин: учеб. Пособие. – Пермь :Перм.гос.техн. ун-т, 2004. – 122 с.
4. Серебrenников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебrenников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.

УДК 622.24

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН

Панов Н.А. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: нефтяные скважины; оборудование, свабиrowание, арматура, устье скважины

Актуальность. Эффективность эксплуатации нефтяных и газовых месторождений во многом зависит от правильного выбора оборудования для освоения скважин [1–3]. Оптимальный подбор оборудования позволяет ускорить ввод скважин в эксплуатацию, минимизировать затраты и повысить их производительность [4,5].

Цель работы. Изучить оборудование, используемое для освоения скважин, овладеть методикой расчета и выбора оптимального оборудования

Анализ полученных результатов. Освоение скважины – это комплекс технологических операций, направленных на вызов притока углеводородов и обеспечение продуктивности скважины. Производится освоение одним из шести ключевых методов: свабиrowание; тартание. обновление жидкости для скважины. компрессорная обработка. прокачка смеси газа и жидкости. откачка жидкости при помощи насосов глубинного типа.

Подготовительный этап перед любым методом является обязательной частью. На устье монтируется арматура, которая потребуется в ходе освоения скважины, а фланец обсадной трубы имеет задвижку, которая сможет перекрыть ее при необходимости.

Свабиrowание – способ, который также известен как поршневание, характеризуется опусканием вниз поршня, сделанного из трубы с небольшим обхватом и клапаном, который открывается при спуске на дно. Снаружи трубы в местах примыкания сочленений находятся манжеты из резины с усилением из проволоки. В процессе опускания трубы-поршня жидкость, которая находится в стволе, перетекает на уровень выше, и когда поршень поднимается, его клапан перемещается в закрытое состояние. Поршневание отличается существенной производительностью, однако имеет и минусы: так, из-за каната устье скважины нельзя закрыть полностью.

Тартание – это способ, при котором из скважины поднимается жидкость на дневную поверхность при помощи специальной желонки, опускаемой вниз на канате с лебедкой. Внизу желонки расположен клапан, который открывается при упоре ее в дно, а сверху есть крепления для каната или шнура. Такой способ позволяет вытащить осадки глины и следы раствора с самого уровня забоя, а возможность регулировать жидкостный уровень в скважине делает способ популярным в отдельных случаях.

Обновление скважинной жидкости, возможно при спущенных трубах в стволе, при этом устье плотно закрывается, поэтому, риск фонтанирования исключен. Метод особенно хорош при освоении источников с сильным давлением внутри пластов или при наличии специальных коллекторов, которые легко освоить. Главным недостатком метода считается серьезная потеря давления: его снижение составит не больше четверти от показателя давления глиняного вещества [6].

Компрессорный метод освоения Данный способ чаще всего используется для разработки фонтанных скважин, а также источников механизированного типа. В ствол опускается труба НКТ, устье оснащается арматурной конструкцией, а к пространству между трубами подключается трубопровод нагнетательного типа с мобильным компрессором. В процессе нагнетания газа происходит вытеснение жидкости к башмаку трубы. Попавший внутрь газ действует на жидкость в НКТ, и давление падает.

Закачка газа и жидких веществ. В пространство между трубами заливается смесь газа и воды либо нефтяной жидкости. Смесь имеет определенную плотность, которая ниже, чем у просто жидкости, и благодаря возможности регулировки освоение может пройти по-разному. Данный способ может применяться при большой глубине разработки. Главным недостатком метода считается сложность осуществления работ по насыщению жидкости газами, а следовательно, его высокая стоимость.

Освоение насосами скважинного типа Данный способ используется, если скважина уже практически полностью истощена, и фонтанный эффект практически исключен. При этом методе внутрь опускаются насосы скважинного типа, которые достигают определенной глубины и выкачивают жидкость. При этом давление в забое снижается, и постепенно достигаются условия, при которых из пласта идет приток жидкости.

Заключение: Правильный выбор оборудования для освоения скважин – важнейший фактор успешной эксплуатации месторождений. Грамотное проектирование и подбор технологий позволяют значительно сократить время освоения и повысить рентабельность добычи.

Слова благодарности: Выражаю искреннюю благодарность своему научному руководителю Шепелевой И.С за оказанную помощь, ценные рекомендации и поддержку при изучении и анализе результатов исследований освоения скважин различными методами.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозащита и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Захаров, А.В., Козырева, С.В., Аткинговская, Т.В. Оборудование для добычи нефти и газа: лабораторный практикум. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. – 60 с.

3. Корбут, В.П. "Техническое и технологическое обеспечение строительства нефтяных и газовых скважин в Беларуси". Минск: БелНИПИнефть, 2015
4. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
5. Кученев, В. О. Сводная оценка коррозионной стойкости отдельных марок стали нефтегазопроводных труб для РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» / В. О. Кученев, А. Г. Ракутько, А. С. Асадчев // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 1. – С. 94-101.
6. Горбаченко, В. С. Разработка устройства для герметизации устьевого полированного штока установки штангового глубинного насоса / В. С. Горбаченко // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого : научно-практический журнал. — 2021. — № 2. — С. 122—129.

УДК 622.276

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ВЫЗОВА ПРИТОКА И ОСВОЕНИЯ

Лехнович В.Н. (студент гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: освоение скважины, методы притока, дебит, экономическая эффективность

Актуальность. Вызов притока и освоение скважины очень важны в нефтегазодобывающем деле, выбор наилучшего варианта вызова притока и освоения поможет получить наилучшую работу скважины, что в свою очередь повлияет на ее дебиты и на ее экономическую эффективность [3-5].

Цель работы: изучение методов вызова притока и освоения скважины, классифицировать и структурировать полученные сведений.

Анализ полученных результатов. Освоение скважины – комплекс технологических и организационных мероприятий, направленных на перевод простаивающей той или иной скважины в разряд действующих.

Основной целью вызова притока и освоения является снижение противодавления на забое скважины, заполненной специальной жидкостью глушения, и искусственное восстановление или улучшение фильтрационных характеристик призабойной зоны для получения соответствующего дебита или приёмистости.

Существует следующую классификацию методов вызова притока и освоения скважин:

- 1) метод облегчения столба жидкости в скважине (жидкости глушения);
- 2) метод понижения уровня;
- 3) метод мгновенной депрессии [1].

1. Метод облегчения столба жидкости в скважине. Реализуется различными способами, но наибольшее распространение получили промывки. При промывке скважины в период времени $0 - t_1$ (достижение уровнем раздела жидкостей башмака НКТ) возникает первая фаза – фаза роста поглощения пластом жидкости глушения. Вследствие этого происходит дополнительное изменение фильтрационных характеристик ПЗС. Именно поэтому выбору жидкости глушения должно уделяться особое внимание, исходя из требования сохранения фильтрационных характеристик ПЗС. В период времени $t_1 - t_2$ (вторая фаза снижения поглощения) объём поглощаемой пластом жидкости снижается. В период времени $t > t_2$ реализуется третья фаза – фаза притока жидкости из пласта за счёт создания депрессии. [2]

2. Метод понижения уровня. Особенностью данного метода является отсутствие первой фазы, что делает его предпочтительнее, благодаря меньшему загрязнению ПЗС в период вызова притока.

3. Метод мгновенной депрессии. Особенностью данного метода является кратковременность второй фазы.

К первому методу относятся: промывки (прямая, обратная, комбинированная; промывки осуществляются различными жидкостями); закачка газообразного агента (газлифт); закачка пенных систем.

К методу понижения уровня относятся: тартание желонкой; свабиrowание (поршневание) в 10-15 раз производительнее тартания; понижение уровня скважинными насосом.

К методу мгновенной депрессии относятся: способ падающей пробки; задавка жидкости глушения в пласт [2].

При поршневании поршень или сваб спускается на канате или стальной ленте в НКТ. Поршень представляет собой трубу малого диаметра (25,0–37,5 мм) с приемным клапаном в нижней части. На наружной поверхности трубы (в стыках) укреплены эластичные резиновые манжеты (3–4 шт.), армированные проволоочной сеткой. При спуске поршня под уровень жидкость перетекает через клапан в пространство над поршнем. При подъеме клапан закрывается, а манжеты, распираемые давлением столба жидкости над ними, прижимаются к стенкам НКТ и уплотняются. За один подъем поршень выносит столб жидкости, равный глубине его погружения под уровень

жидкости. Глубина погружения ограничена прочностью тартального каната и обычно не превышает 75–150 м. Устье при свабировании часто также остается открытым, что связано с опасностями неожиданного выброса.

Заключение. Грамотный расчет и выбор методов вызова притока и освоения скважины критически важны для эффективной и безопасной добычи. Понимание влияния на экономику и безопасность помогает специалистам принимать верные технические решения.

Благодарность. Выражаю благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Шепелевой И.С. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачѳв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Асадчев, А. С. Анализ технологий подготовки нефти и газа нефтяных месторождений Республики Беларусь / А. С. Асадчев, Н. П. Коляда // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. 2020. № 3/4. С. 126—137.
4. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
5. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.

УДК 622.276/.279

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИНЫ

Лобан А.В. (студент, гр.НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: состояние скважины, эксплуатационная надежность, техническое состояние

Актуальность. Контроль технического состояния скважин как при строительстве и заканчивании скважин, так и в течение всего периода их эксплуатации, является важнейшим технологическим этапом добычи полезных ископаемых и их полной выработки [1–3, 4].

Для осуществления поставленных задач применяются различные геофизические методы исследования скважин для контроля их технического состояния.

Цель исследований – изучить методы ГИС для контроля технического состояния скважины и уметь интерпретировать результаты геофизических исследований.

Результаты исследований. Эксплуатационная надежность скважины и экологическая безопасность окружающей среды во многом зависят от технического состояния обсадных колонн (ОК), цементного камня (ЦК) и в целом всего подземного оборудования.

Основные нарушения технического состояния скважин:

Сквозные дефекты колонны (дефекты типа трещины, абразивный износ колонны, механический износ, дефекты муфтовых соединений, обрыв колонны, сквозное коррозирование);

Дефекты заколонного пространства (отсутствие цемента в затрубье, неравномерное распределение цемента в заколонном пространстве, отсутствие сцепления "колонна-цемент" и "цемент-порода", трещины и каналы в ЦК);

Несквозные дефекты колонны (коррозия наружной/внутренней стенки колонны, смятие колонны, раздутие колонны, осевые деформации колонны);

Дефекты забойного и насосного оборудования (сквозные дефекты фильтра, абразивный износ и засорение фильтра, негерметичность пакера, дефекты насосного оборудования, дефекты НКТ);

Методы ГИС по контролю технического состояния скважин позволяют:

- определить положения ствола скважины в пространстве (искривления скважин – инклинометрия);
- измерить диаметра скважины (кавернометрия);
- определить профиля сечения ствола скважин и обсадных колонн (профилеметрия);

– определить качество цементирование обсадных колонн и состояние цементного камня во времени – акустические методы (АКЦ, ВАК), основанные на различии затухания и скорости распространения упругих колебаний в зависимости от плотности сцепления цементного камня с двух сторон, с колонной и горной породой, (САТ) скважинный акустический телевизор – определяет внутреннее состояние обсадных колонн в режиме онлайн .

– установить местоположение муфтовых соединений колонн, количество колонн, участки перфорации, толщину внутреннего диаметра обсадных колонн и их повреждения - электромагнитные методы (ЛМ, ЭМДС) .

– выявить дефекты (отверстия, трещины, вмятия и пр.) в ОК, установить интервалы разрыва обсадной колонны – магнито-импульсный дефектомер (МИД), ЛМ, ЭМДС.

– определить места прихвата бурового инструмента и местоположения металлических предметов в скважине – прихватопредельитель (ПО).

Контроль технического состояния скважин осуществляется методами ГИС непосредственно после окончания их бурения и цементирование обсадных колонн, а также на протяжении всего времени жизни скважины [5].

Для наиболее эффективного и экономичного исследования является формирование рационального комплекса методов ГИС для контроля технического состояния скважины. Рациональность правильно подобранного комплекса ГИС заключается в минимальных спускоподъемных операциях и максимальной информации о техническом состоянии ствола скважины.

Заключение. Оперативный контроль технического состояния скважины способствует предотвращению аварийных ситуаций и снижению огромных непроизводительных затрат. Наиболее эффективным и экономичным является формирование рационального комплекса методов ГИС для контроля технического состояния скважины. Рациональность правильно подобранного комплекса ГИС заключается в минимальных спускоподъемных операциях (СПО) и максимальной информации о техническом состоянии ствола скважины.

Благодарность. *Выражаю благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидроневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Шепелевой И.С. за помощь при проведении исследования.*

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Шепелева, И. С. Промысловая геофизика : практикум по выполнению лабораторных работ по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" дневной и заочной форм обучения / И. С. Шепелева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 54 с.
3. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
4. Шимановский А.О., Путятю А.В. [Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD](#) / А.О. Шимановский, А.В. Путятю // Вестник Уральского государственного технического университета. – 2005. – №11. – С.103-110.
5. Серебrenников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебrenников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.

УДК 622.276.6-047.44

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА

Лапин А.Д. (студент, гр. НР-41)

Гомельский государственный университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: технологические жидкости, интенсификация притока, нефтяная скважина

Исследования по разработке технологических жидкостей для подготовительно-заключительных работ (ПЗР) при интенсификации притока нефти в скважинах идут в двух основных направлениях: по разработке рецептур

для проведения ПЗР, которые не оказывают негативного влияния на призабойную зону продуктивного пласта и для повышения эффективности интенсификации притока [1, 2].

Актуальность работы по первому направлению исследований связана с тем, что на ряде скважин по геолого-техническим условиям либо с целью экономного расходования товарной нефти в качестве рабочей жидкости при ПЗР применяется техническая вода, наносящая при этом определенный вред состоянию ПЗП и ее фильтрационным свойствам [3]. Это может приводить к ряду негативных явлений в призабойной зоне пласта, снижающих эффективность ГТМ, таких как водная блокада, набухание глин. Актуальность работы по второму направлению исследований связана с тем, что процедура проведения интенсификации притока в настоящее время занимает значительное время. Технологические жидкости при бурении скважин [4], должны иметь состав и свойства, которые обеспечивали бы возможность эффективной промывки скважин и не оказывали негативного воздействия на коллекторские свойства продуктивных горизонтов.

Целью работы является исследование технологических жидкостей для проведения интенсификации притока. Обеспечение высокой эффективности ГТМ в скважинах.

Состав технологической жидкости, применяемой при ПЗР на скважинах, может варьироваться от условий применения (породы коллектора, состава нефти, состава вод, состава жидкостей применяемых при ГТМ) [5]. Основными реагентами, входящими в состав технологических жидкостей, являются:

1. *Стабилизатор глин.* Гидратация глинистых пород является сложным физико-химическим процессом, приводящим к деформации и разрушению структур и свойств глин. Взаимодействие технологических жидкостей с глинистой породой приводит к таким осложнениям как набухание глин и миграция глинистых частиц. Данные осложнения приводят к снижению проницаемости породы и снижению дебита нефти. Стабилизаторы глин предотвращают диспергацию и набухание частиц глин и удерживают отдельные слои упаковок глинистых частиц в скоагулированном положении. В качестве стабилизатора глин был выбран Atren CS-135, который обладает хорошими стабилизирующими свойствами.

2. *Дезэмульгатор.* Отсутствие в технологических жидкостях дезэмульгаторов может приводить к образованию стойких водонефтяных эмульсий, которые закупоривают пласт. Наличие дезэмульгатора не только способствует разрушению стойких эмульсий, но и снижает риск образования водной блокады. ПАВ, содержащийся в дезэмульгаторах, способствует улучшению отбора закачиваемой жидкости из пласта. В качестве дезэмульгатора выбран Atren D-EM, обладающий отличными дезэмульгирующими свойствами, для разрушения эмульсий, образованных как легкими, так тяжелыми нефтями.

3. *Стабилизатор ионов железа.* Наличие ионов железа в технологических жидкостях может приводить к осаждению железа на карбонатной породе, что приводит к ухудшению ФЕС пласта. Стабилизатор железа направлен на предотвращение выпадения осадков железа. В качестве стабилизатора железа выбран Atren IRON, данный реагент обладает хорошими стабилизирующими свойствами в водных растворах. Также дополнительным свойством состава, включающего в себя Atren IRON, является возможность доочистки трещин от остатков геля после ГРП.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики технологических жидкостей

Параметр / Рабочий состав	Предлагаемый состав: 1 % Стабилизатор железа Atren IRON 0,2 % Дезэмульгатор Atren D-EM 0,2 % Стабилизатор глин Atren CS-135	Техни- ческая вода	Раствор 2 % KCl	Раствор ПАВ и стабилизатора глин (применяется в наст. время)
Стабилизация глин	+	-	+	+
Предотвращение миграции глин	+	-	+/-	+
Дезэмульсация	+	-	-	+/-
Стабилизация железа	+	-	-	-
Доочистка трещины	+	-	-	-

Предлагаемый состав технологической жидкости, отличается от применяемых на данный момент следующими показателями:

1) не оказывает негативного воздействия на коллекторские свойства продуктивных горизонтов (отсутствует набухание глин и их миграция, снижается риск образования стойких эмульсий, выпадения ионов железа);

2) не оказывает негативного воздействия на прочность горных пород (отсутствие физико-химических изменений в структуре пород под действием фильтрата: диспергация глинистой составляющей породы, набухание, капиллярное и динамическое расклинивание, химическое растворение, выщелачивание, гидромеханическое разрушение породы);

3) характеризуется высокой экономической эффективностью (минимально возможная стоимость, которая обеспечивается оптимальным подбором рецептуры и применением наиболее дешевых материалов для его производства без ущерба качеству).

Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Аткинговская, Т. В. Роль жидкостей глушения в процессе ремонта скважин / Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2018. – № 2. – С. 34–41.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
4. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
5. Войтехин, О. Л. Технологические подходы к оптимизации темпа разработки трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения / О. Л. Войтехин, А. Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3. — С. 67-79.

УДК 504.1:622.24.063

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Клепча Н.С. (студент, гр. НР-21)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: буровой раствор, экология, токсичность, запасной амбар

Введение. Экологическим аспектам проведения буровых работ и применения буровых растворов надо уделять большое внимание. Решение экологических проблем, связанных с буровыми растворами, очень важно для минимизации негативного воздействия на окружающую среду, в том числе загрязнения водных ресурсов [1, 4]. Нужно разработать и внедрить более безопасные и эффективные методы замены токсичных компонентов растворов, можно предложить новые биосовместимые добавки [2, 3].

Цель работы – проанализировать по различным источникам влияние составов буровых растворов на экологическое состояние окружающей среды.

Существует три механизма обретения токсичных свойств буровыми растворами: через компоненты, используемые при приготовлении и обработке раствора, при его хранении и утилизации раствора, а также через выбуренные породы. Первый из них является наиболее изученным, поскольку вызван преднамеренным добавлением компонентов для придания и поддержания необходимых реологических свойств и стабильности.

В выбуренных частицах и природных материалах, применяемых в качестве добавок, содержатся тяжелые металлы. Природными добавками, содержащими тяжелые металлы, являются барит, лигнит, и слюда. Древесина также обладает фоновым уровнем содержания тяжелых металлов, которые переходят в производимый из нее лигносульфонат. Особое внимание как на источнике загрязнения тяжелыми металлами сосредоточено на барите. Согласно требованиям США, неприемлемость применения многих баритовых руд обосновывается как раз из-за степени загрязнения. Европейские и другие страны также имеют собственные нормативы.

Самый большой вклад в загрязнение буровых растворов тяжелыми металлами вносят хромовые лигносульфонаты. Согласно исследованиям, их влияние на окружающую среду минимально, для них уже созданы альтернативы, которые меньше загрязняют растворы хромом [4].

В некоторых растворах применяются соединения цинка, например, оксид цинка и основной карбонат цинка. Их задача заключается в том, чтобы быстро связывать ионы сульфидов и бисульфидов, образующиеся в растворе при наличии сероводорода в разбуриваемых пластах. Какие-либо компромиссы в эффективности действия этих реагентов исключены, так как от этого зависят человеческие жизни; по этой причине подходящих альтернатив соединениям цинка пока не найдено. В большинстве случаев добавления сульфидов не требуется.

Токсичность усиливает также и практика хранения и ликвидации использованных буровых растворов в запасных амбарах. Исследованию подвергались образцы рабочего раствора, взятые из циркуляционной системы, и образцы отработанного раствора из запасных амбаров. Результаты указывают, что причиной загрязнения

бензолом, свинцов, мышьяком и фторидами является хранение и утилизация отработанного раствора в запасных амбарах, так как эти компоненты не были обнаружены в рабочем растворе.

Ещё один источник токсичности отходов бурения является в выбуренном шламе. Изучения 36 образцов керна, отобранных в трех разных областях, такие как: Мексиканский залив, Калифорния и Оклахома. С различных глубин от 300 до 18000 футов, исследование показало, что общая концентрация кадмия в выбуренных породах превышала его концентрацию в промышленных баритах более чем в пять раз. Исследование показало, что источником 75% от всего количества кадмия в буровых отходах является шлам. Остальные 25% приходится на барит и трубную смазку.

В результате исследования экологических аспектов буровых растворов [5] можно выделить несколько ключевых моментов, которые помогают лучше понять механизмы загрязнения окружающей среды и необходимость разработки более безопасных аналогов:

- основными источниками токсичности буровых растворов являются компоненты, используемые при приготовлении раствора, его хранении и ликвидации. Исследование показало, что наиболее распространённым способом загрязнения является добавление компонентов для достижения необходимых реологических свойств и стабильности раствора;

- барит, лигнит и слюда, используемые в качестве добавок в буровые растворы, содержат тяжёлые металлы, такие как кадмий и свинец, которые при неправильной ликвидации или утечках загрязняют окружающую среду. Барит является особым источником загрязнения, так как его руды могут значительно загрязнять растворы, что делает их неприемлемыми в ряде стран.

Заключение. В результате анализа экологических аспектов буровых растворов установлено, что основной проблемой остаётся загрязнение окружающей среды токсичными компонентами буровых растворов, такими как тяжёлые металлы. Самое большое влияние придают добавки, применяемые для обеспечения стабильности раствора, а также неправильная ликвидация отработанных растворов [5]. Достижение цели минимизация экологических рисков, связанных с буровыми растворами, возможно через использование инновационных технологий и материалов, а также через строгое соблюдение экологических стандартов и нормативов. Внедрение этих решений в практику позволит значительно снизить загрязнение и повысить устойчивость экосистем к воздействию буровых работ.

Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой А.Б. (д.т.н., профессор), за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Некрасова, И.Л. Безотходная технология утилизации отработанных буровых растворов на углеводородной основе на месторождениях Пермского края / И.Л. Некрасова, Д.А. Казаков, П.А. Хвоцин [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – №1. – С.39-44.
2. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 90-97.
3. Акчурина Д.Х., Сафаров А.Х., Пашпекина И.В., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г. Экологическая безопасность буровых растворов на основе лигносульфонатов // Нефтегазовое дело. – 2014. – т.12. –№ 1. – С. 179–182.
4. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. - 109 с.
5. Невзорова, А. Б. Влияние изменений климата на состояние котлованов-отстойников буровых сточных вод / А. Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 110-113.

УДК 622.323

РАСЧЕТ ГАЗЛИФТНОГО ПОДЪЕМНИКА И ПУСКОВЫХ ДАВЛЕНИЙ

Евсиков Е.А. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: газлифтный подъемник, пластовое давление, фонтанные скважины, подъемник

Актуальность темы обусловлена широким применением газлифтного способа эксплуатации скважин при разработке месторождений с пониженным пластовым давлением [1, 2]. Газлифтный способ эксплуатации позволяет значительно раньше перевести фонтанные скважины на механизированный способ с целью повышения их производительности при низких коэффициентах продуктивности или же при переходе на высоконапорную систему сбора. Корректный расчет параметров оборудования позволяет обеспечить эффективный подъем жидкости, повысить производительность скважины и снизить энергозатраты за счет автоматизации [3]. Методика расчета позволяет адаптировать оборудование под конкретные условия эксплуатации [4, 5].

Цель работы: изучить технологию и методику расчета газлифтного подъемника, и определить пусковые давления для различных типов конструкций подъема жидкости из скважины. В частности — рассмотреть методику А.П. Крылова (БелНИПИнефть), как основную для уточненных расчетов оборудования и его режимных параметров.

В затрубное пространство подается газ с высоким давлением, за счёт чего уровень жидкой фазы в нем будет уменьшаться, а в насосно-компрессорных трубах - расти. Когда уровень жидкой фазы понизится до нижнего конца насосно-компрессорной трубы, компрессируемый газ начнет подаваться в насосно-компрессорную трубу и смешиваться с жидкой фазой. В следствие смешения плотность газожидкостной смеси (ГЖС) становится меньше плотности жидкой фракции, которая поступает из пласта, а уровень в насосно-компрессорной трубе будет подниматься. Чем большее количество газа будет инжектировано, тем ниже будет плотность ГЖС и тем на более высокий уровень она поднимется. При постоянной подаче газа в объём скважины смесь (жидкость) поднимется до устья и поступит на поверхность, при этом из пласта непрерывно поступает в скважину свежая порция жидкой фракции. Существует несколько способов газлифтного подъемника.

При однорядном подъемнике внутрь скважины спускается один ряд насосно-компрессорных труб. Компрессируемый газ подается в кольцевую полость между обсадной колонной и НКТ, а ГЖС поднимается по насосно-компрессорным трубам, или газовая среда нагнетается по НКТ, и ГЖС смесь поднимается по кольцевой полости. Для первого варианта необходим однорядный подъемник с кольцевой системой, а для второго — однорядный подъемник с центральной системой.

При двухрядном ступенчатом подъемнике с кольцевой системой в скважину спускаются 2 ряда НКТ, 1 из которых (наружный ряд) имеет ступенчатую конструкцию; в верхней части — трубы с большим проходным сечением, а в нижней — с меньшим проходом. Компрессируемый газ подается в кольцевую полость между наружным и внутренним рядами насосно-компрессорных труб, ГЖС смесь поднимается по внутреннему ряду.

Методика Крылова применяется для расчета длины, диаметра подъемника, расхода газа, оптимальных и пусковых давлений. Учитываются коэффициент растворимости газа, продуктивность скважины, давления на устье и забое. Пусковое давление рассчитывается для различных схем подъемников: двухрядной, однорядной и центральной. Анализируются зависимости давления от глубины погружения, плотности жидкости и параметров трубопровода.

Заключение: расчет параметров газлифтного подъемника является одним из способов эффективной эксплуатации скважин. Методика Крылова обеспечивает достоверные результаты, учитывая реальные условия эксплуатации. Грамотный подбор оборудования повышает надежность и безопасность технологического процесса.

Слова благодарности: *выражаю искреннюю благодарность своему научному руководителю Шепелевой И.С. за оказанную помощь, ценные рекомендации и поддержку при подготовке и оформлении данного доклада.*

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Оборудование для добычи нефти и газа : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-51 02 02 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" дневной и заочной форм обучения / А. В. Захаров, С. В. Козырева, Т. В. Аткинговская. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. - 75 с.
3. Грищенко С. В., Рымаренко, К. В., Нухаев, М. Т., Айткалиев, Г. Т., Кабанов, В. А., Минин, Д. А. Система автоматизации для повышения эффективности работы скважин при газлифтной эксплуатации //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 2. – №. 1. – С. 42-48.
4. Серебrenников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебrenников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
5. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ ПОРШНЕВОГО НАСОСА

Никитин А.В. (студент, гр. ГА-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: поршневой насос, КПД, ход поршня, трубопровод, надежность

Актуальность. Поршневые насосы широко применяются в энергетике, нефтегазовой, химической и других отраслях для перекачивания жидкостей под высоким давлением [1]. Нарушение условий их нормальной работы приводит к аварийным остановкам, снижению КПД и увеличению затрат на ремонт [2]. Определение оптимальных параметров эксплуатации таких насосов остается важной задачей для повышения надежности гидравлических систем [3-5].

Цель работы — определение основных факторов, влияющих на стабильную работу поршневого насоса.

Анализ полученных результатов. Определение условий нормальной работы поршневого насоса связано с рядом технических моментов, которые необходимо учитывать для того, чтобы насос работал стабильно и эффективно. Главным условием нормальной работы поршневого насоса является неотрывное движение жидкости за поршнем. Условие выполняется, если напор всасывания превышает упругость насыщенных паров жидкости [1, 2]

$$\frac{P_n}{\rho \cdot g} < \frac{P_t}{\rho \cdot g}.$$

Учитывая, что напор всасывания насоса имеет минимальное значение в начале хода поршня (рисунок 1) при ходе поршня и скоростью равными нулю, важными факторами, определяющими нормальную работу насоса, будут геометрическая высота всасывания и число двойных ходов поршня n , на которые можно воздействовать при монтаже и выборе приводного двигателя.

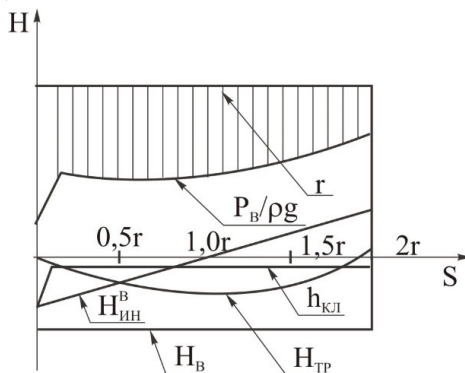


Рисунок 1 – График изменения напора всасывания по длине хода поршня

Критическая высота всасывания, определяется из уравнения Бернулли из условия равенства нулю гидравлических потерь и скоростного напора и при $P_b = \rho \cdot P_t$

$$H_B^{кр} = \frac{P_0 - P_t}{\rho \cdot g} - h_{КЛ}^{ВМАН} - H_{ИН}^{ВМАН},$$

где $h_{КЛ}^{ВМАН}$ - максимальные потери во всасывающем клапане; $H_{ИН}^{ВМАН}$ - максимальный инерционный напор при всасывании

Т.о., допускаемая высота всасывания должна быть меньше критической

$$H_B^{ДОП} < H_B^{кр}.$$

Предельное число двойных ходов поршня определяется по формуле

$$n_{\text{ПРЕД}} = \sqrt{\frac{\frac{P_0 - P_t}{\rho \cdot g} - H_B - h_{\text{КЛ}}^{\text{ВМАХ}}}{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l_B \cdot F \cdot r}{g \cdot F_B}}}.$$

Если насос откачивает воду при нормальных условиях ($P_0 = 105 \text{ Па}$, $t = 20^\circ\text{C}$) то допускаемая высота всасывания приблизительно равна 5-6 м для практически любых конструкций поршневых насосов.

Заключение. Исследуя полученные формулы можно сделать вывод, что для обеспечения нормальной работы поршневого насоса необходимо иметь: наименьшую геометрическую высоту всасывания и возможно короче подводящий трубопровод с малым числом местных сопротивлений; при перекачке легко испаряющихся жидкостей необходимо устанавливать насос с подпором; при больших значениях инерционного напора необходимо уменьшать число двойных ходов поршня или устанавливать гасители инерционного напора.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Нурутдинов Р.Г. Гидравлические машины: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. – 143 стр.
2. Андреев, Ю. А. Объемные гидро- и пневмомашины: пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 97 с.
3. Шимановский А.О., Путятю А.В. [Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD](#) / А.О. Шимановский, А.В. Путятю // Вестник Уральского государственного технического университета. – 2005. – №11. – С.103-110.
4. Сутормы, И. И. Оптимизация статического и динамического процессов при численном моделировании центробежных насосов / И. И. Сутормы // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 1. - С. 40-46.
5. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

УДК 621.878.6

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ ГОРНЫХ МАШИН

Василец Н.А. (студент, гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидросистема, рабочая жидкость, эффективность, факторы, эксплуатация

Актуальность: Выбор рабочих жидкостей для гидросистем горных машин остается на сегодняшний день крайне актуальной темой, требующей комплексного подхода и глубокого анализа всех факторов, влияющих на эффективность и безопасность гидравлических систем [1].

Цель работы – произвести анализ особенностей выбора рабочих жидкостей для гидросистем горных машин с учетом специфики эксплуатационных условий.

Анализ полученных результатов. В подземных условиях особенно важна взрывопожаробезопасность применяемых материалов (рабочих жидкостей, конвейерных лент, электрических кабелей и др.), так как при применении минеральных масел недостатки в гидравлической системе могут вызвать значительное повышение температуры оборудования и жидкости; возможен выпуск жидкости под давлением из системы к источнику воспламенения, например неисправному электрооборудованию или горячим поверхностям металла; масляный туман или брызги из небольших трещин в рукаве высокого давления могут вызвать электростатический заряд, ведущий к возникновению пожара [1, 6].

В случае возникновения пожара под землей склад минеральных жидкостей создает дополнительную опасность воспламенения этих жидкостей, усложняя и без того опасную ситуацию. Разрабатываемые в

настоящее время огнестойкие жидкости не обязательно являются негорючими. Большинство из них горит при определенных условиях, которые не могут быть реализованы при эксплуатации [2,6]. Их задача не тушить огонь, а препятствовать горению или предотвращать распространение пламени.

Огнестойкие жидкости можно разделить по следующим категориям, соответствующим стандарту CETOP (Европейский комитет по гидравлическим и пневматическим трансмиссиям) [3]:

1) эмульсии "масло в воде" (категория HF—A), содержащие максимум 20 % горючих материалов. Обычно они содержат 1,5—5 % минеральных масел с добавками (эмульсол) и 98,5—95 % воды.

2) эмульсии "вода в масле" (категория HF-B), содержащие до 60% горючих материалов. Эти эмульсии, иногда называемые "обратными эмульсиями", содержат от 40 до 45 % воды. Они совместимы с большей частью используемого оборудования, и их можно использовать вместо минеральных масел. Эти жидкости сохраняют многие положительные качества исходного масла, улучшенного введением антиокислительных, противоизносных и антикоррозионных присадок.

3) водно-гликолевые и водно-глицериновые рабочие жидкости (категории HF-C). Они содержат 30-60 % воды, в отличие от эмульсий являются растворами, так как гликоли и их присадки действительно растворяются в воде и поэтому стабильны при эксплуатации. В растворы добавляются антикоррозионные, противоизносные и антипенные присадки.

Водно-гликолевые жидкости имеют хорошие вязкостные свойства, совместимы с большинством материалов, применяемых в гидросистемах. Их недостатки - электропроводность и горючесть при содержании воды менее 30 %. Поэтому при испарении воды возможно загорание глицерина или гликоля.

Водно-глицериновые жидкости – промгидрол (ТУ-6-06-1140-78) выпускаются для гидросистем промышленного назначения, работающих в условиях возможной пожарной опасности, например в гидросистемах доменной печи.

4) жидкости, не содержащие воды (категория HF—D). Сюда обычно относят жидкости, содержащие сложные эфиры фосфорной кислоты, прочие органические эфиры или из синтезированных углеводородов.

Они являются эффективными огнестойкими жидкостями, обеспечивающими лучшую смазку, чем жидкости, содержащие воду; пригодны для более высоких рабочих температур по сравнению с минеральными маслами (их верхний предел определяется воздействием при этой температуре на уплотнения).

Выбор рабочих жидкостей для гидравлических систем должен обязательно учитывать условия эксплуатации, технику безопасности и определяет эксплуатационные характеристики, работоспособность и долговечность гидрофицированного оборудования зданий и сооружений [4, 5].

Заключение. На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что выбор рабочей жидкости должен основываться на всестороннем анализе всех факторов, что позволит добиться максимальной эффективности и безопасности работы гидросистем горных машин.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

2. Андреев, Ю. А. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем [Учебное электронное издание комбинированного распространения] : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной формы обучения / Ю. А. Андреев ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 189 с.

3. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие/ В. В. Остриков, А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов, А. В. Забродская ; под общ. ред. В. В. Острикова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 245 с.

4. Невзорова А.Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция : учеб. / А. Б. Невзорова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 279 с.

5. Невзорова А.Б., Савков Н. [Методология разработки интегрированного информационно-строительного проекта с использованием BIM-технологий](#) // А.Б. Невзорова, Н. Савков/ Вестник Брестского государственного технического университета. 2024. – №1(133). – С. 85-94.

6. Диулин Д. А., Прушак В. Я., Гегедеш М. Г. Анализ напряженно-деформированного состояния проблемных мест шахтного ствола рудника на основе компьютерного моделирования // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2023. – Т. 67. – №. 4. – С. 322-330.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ**Хоменок Я.А. (студент гр. ГА-41)***Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова*

Актуальность. Фильтры выполняют три основные задачи: удаляют загрязнения из масла, улавливают и удерживают загрязнения до следующей замены масляного фильтра и устраняют избыточное сопротивление, позволяя достаточному количеству чистой рабочей жидкости попадать в гидросистему для обеспечения оптимальной работы. Непрерывная работа фильтров важна для эффективности производственных процессов, безопасности оборудования и минимизации воздействия на окружающую среду [1].

Цель работы – заключается в исследовании и выполнения анализа способов поддержания непрерывной работы фильтров, для оптимизации эксплуатационных характеристик.

Анализ полученных результатов. При анализе способов выявлено следующее: фильтры могут оснащаться средствами визуальной и электрической индикации загрязненности, а также перепускным клапаном [1, 2]. Как правило, при всех индикациях фиксируется три значения: фильтр чист, фильтр начал загрязняться, фильтр загрязнен и требует очистки. Во всех случаях датчиком для того или иного сигнала является перепад давлений на фильтроэлементе. Наличие последнего позволяет защитить фильтроэлемент от разрушения, однако часто приводит к опасному заблуждению – уверенности в чистоте гидросистемы в то время, как фильтр практически не работает. Кроме того, если фильтр забит, то пружина в масляном фильтре открывает подачу масла через перепускной клапан без какой-либо фильтрации.

Поскольку фильтр эффективно защищает лишь элемент гидросистемы установленный после него (остальные элементы защищены частично), схемы фильтрации обычно содержат комбинацию фильтров, устанавливаемых на разных линиях гидросистемы: всасывающей и сливной; напорной и сливной; всасывающей, напорной и сливной [3, 4].

Срок службы масляного фильтра можно увеличить, если использовать хорошее синтетическое масло – оно лучше очищено, чем обычное масло, поэтому служит дольше, и в нем меньше загрязнений [4].

Существуют непрерывно действующие фильтры барабанного типа с внешней и внутренней фильтрующей поверхностью. Последние удобны в случае фильтрации грубозернистого материала, который осаждается на фильтрованную перегородку, а не в бак [5]. Фильтры с внешней фильтрующей поверхностью подразделяются по способу съема осадка: со скребковым съемом, со шнуровым (рисунок 1, а) и с сходящим фильтровальным материалом. Для облегчения съема осадка применяется шнуровой съем осадка. Шнуры тангенциально сходят с барабана, отделяя слой осадка. Во время их работы фильтров со сходящим фильтровальным материалом этот материал сходит с вращающегося барабана и за тем снова возвращается на него. Такая конструкция улучшает условия разгрузки осадка и промывки фильтровального материала что увеличивает производительность и срок службы фильтровальных тканей.

Заключение. Поддержание непрерывной работы фильтров является важным условием при эксплуатации гидросистем, так как от чистоты жидкости зависит долговечность и стабильная работа системы.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы : справочник / В. К. Свешников. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Машиностроение, 2008. - 639 с.
2. Свешников, В. К. Фильтрация рабочих жидкостей в современных гидроприводах / В. К. Свешников // Гидравлика и пневматика. – 2004. – № 11–12. – С. 15–17.
3. Андреев, Ю. А. Снижение затрат на производство и эксплуатацию гидросистемы при повышении качества очистки рабочих жидкостей / Ю. А. Андреев, Д. О. Шмырев // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Международной научно-технической конференции (научные чтения, посвященные П. О. Сухому), Гомель, 22–23 ноября 2018 года / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого. – Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2018. – С. 50–52.
4. Poddenezhnyi, E. N., Boiko, A. A., Alekseenko, A. A., Borisenko, N. V., & Bogatyrev, V. M. Sol-gel synthesis of doped vitreous materials with the use of modified aerosols. Glass physics and chemistry, (2003). 29, p.471-475.
5. Stotskaya, O. A., E. N. Poddenezhnyi, A. A. Boiko, N. V. Borisenko, V. M. Bogatyrev, and N. N. Khimich. "Dehydroxylation of sol-gel glasses and glass composites with the use of aerosols modified by phosphorus compounds. Glass Physics and Chemistry. (2008). 34. p. 569-574.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПРУГОСТИ ЖИДКОСТИ НА РАБОТУ ОБЪЕМНОГО НАСОСА

Новак М.Д. (студент, гр. ГА-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидромашина, деформация, объемный насос, модель объемной упругости

Актуальность. В реальных условиях при работе объемной гидромашины происходит деформация как элементов ее конструкции, так и рабочей среды, перемещаемой в рабочих камерах [1, 4]. Анализ влияния упругости жидкости на работу объемного насоса важен для оценки его эффективности и стабильности [2, 3]. Упругие свойства жидкости могут влиять на потери энергии, износ деталей и выбор конструкции насоса.

Цель работы произвести анализ влияния упругости жидкости на работу объемного насоса.

Анализ полученных результатов. Рабочая среда, перекачиваемая объемными насосами кроме собственно жидкости, может содержать в том или ином количестве как твердые, так и газообразные включения. Сжимаемость жидкости или газа характеризуется модулем объемной упругости $K_{p.c}$ и зависит от давления (рисунок 1, а) [1, 2].

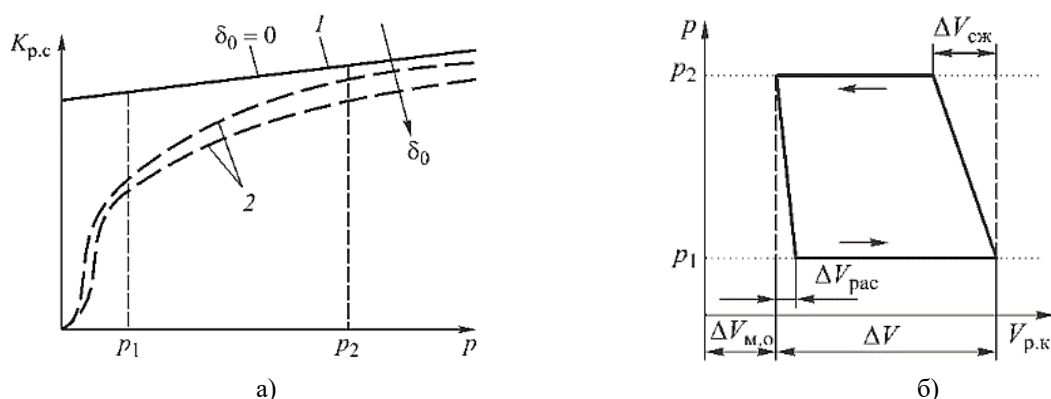


Рисунок 1. Изменение модуля упругости рабочей среды (а); индикаторная диаграмма насоса с учетом сжимаемости рабочей среды (б)

Газосодержание δ_0 принимается постоянным (кривая 1, рис.1, а), но в случае кавитации становится переменной, зависящей от давления (кривые 2). Сжимаемость проявляется главным образом в моменты переключения рабочей камеры от одной полости гидромашины к другой. Сжимаемость рабочей среды сказывается как на средних, так и на мгновенных значениях расхода и момента.

При переходе от всасывания к нагнетанию давление в рабочей камере изменяется от давления всасывания до давления нагнетания, что неизбежно приводит к деформации рабочей среды, находящейся в камере. И если вначале ее объем равен V_1 , то та же самая масса рабочей среды при давлении p_2 займет объем V_2 . Таким образом объем, поступающий в полость нагнетания, уменьшается на величину $\Delta V_{сж} = V_1 - V_2$, что обусловлено сжимаемостью рабочей среды. Тогда объемная подача в линии нагнетания насоса можно определить по формуле

$$Q_{наг} = (\Delta V - \Delta V_{сж}) \cdot z \cdot k \cdot n = \Delta V \cdot z \cdot k \cdot n \cdot \left(1 - \frac{\Delta V_{сж}}{\Delta V}\right) = Q_u \cdot \left(1 - \frac{\Delta V_{сж}}{\Delta V}\right),$$

где ΔV – теоретический объем нагнетания; z – количество рабочих камер; k – количество рабочих циклов; n – частота вращения.

Объем сжатия $\Delta V_{сж}$ можно определить по формуле

$$\Delta V_{сж} = \Delta V \cdot (1 + k_{м.о.}) \cdot \frac{p_2 - p_1}{K_{инт}},$$

где $K_{инт}$ – интервальный модуль объемной упругости рабочей среды; $k_{м.о.}$ – безразмерный коэффициент мертвого объема рабочей камеры.

Величина сжатия $V_{сж}$ рабочей среды реализуется либо путем изменения объема рабочей камеры, либо втекания из нее рабочей среды, что зависит от системы распределения жидкости, которая применена в конструкции гидромашины. При золотниковой системе распределения деформация рабочей среды осуществляется только вследствие изменения объема рабочей камеры и индикаторная диаграмма для насоса

представлена на рисунке 1, б и отражает влияние сжимаемости жидкости в виде отклонения от идеальной диаграммы.

Заключение. Сжимаемостью рабочей среды приводит к уменьшению расходов в магистральных насоса и, следовательно, влияет на средние и на мгновенные значения момента.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.
2. Андреев, Ю. А. Объемные гидро- и пневмомашин: пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Ю. А. Андреев. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. - 97 с.
3. Шимановский А.О., Путятю А.В. [Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD](#) / А.О. Шимановский, А.В. Путятю // Вестник Уральского государственного технического университета. – 2005. – №11. – С.103-110.
4. Путятю А.В. Комплекс технических решений для модернизации универсального сливного прибора вагона-цистерны в условиях депо / А.В. Путятю // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2022. № 1 (44). – С. 38 – 42
5. Невзорова А.Б. Теплогазоснабжение, отопление и вентиляция : учеб. / А. Б. Невзорова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 279 с.

УДК 621.878.6

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ФИЛЬТРА ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Астапенко И.А. (студент, гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: фильтр, гидравлические системы, гидравлические жидкости, насос

Актуальность. Одним из важных элементов, которые способствуют эффективной и безотказной работе гидравлических систем, являются фильтры. Гидравлические системы подвержены загрязнениям, так как даже мельчайшие частицы пыли или грязи могут вызвать ускоренный износ, повреждения оборудования и сбой работы системы. Поэтому, правильный выбор и использование фильтра играет важную роль в поддержании надежности и долговечности гидравлических систем.

Цель работы – определение основных критериев выбора фильтра с целью минимизации последствий износа гидравлических систем.

Анализ полученных результатов. Гидравлические фильтры предназначены для удаления загрязняющих частиц из рабочей жидкости. Основные их функции включают [1, 2]:

- 1) Защита компонентов системы – предотвращение повреждения насосов, клапанов, цилиндров и других элементов.
- 2) Продление срока службы гидравлической жидкости – замедление процесса окисления и загрязнения жидкости.
- 3) Снижение износа и трения – уменьшение контакта движущихся деталей с частицами загрязнений.
- 4) Поддержание производительности системы – обеспечение стабильного давления и скорости работы системы.

Каждая составная часть гидравлической системы предъявляет свой собственный набор требований, каждый из которых влияет на другой [3, 4]. В конечном итоге это может очень сильно повлиять на выбор фильтрующего элемента. Пять важнейших моментов, которые необходимо знать перед выбором гидравлического фильтра:

1. Применение. Выполнять выбор нужно, принимая во внимание особенности проекта. Если нужен высокопроизводительный фильтр, нужно обращать внимание на такой параметр, как бета-коэффициент, который представляет собой соотношение частиц, входящих в фильтр, и частиц, выходящих из него.

2. Гидравлика. Гидравлические компоненты, установленные в контуре, непосредственно влияют на тип гидравлического фильтра, необходимого для правильного функционирования в соответствии с отраслевыми стандартами. Стандарты чистоты по системе ISO помогают выявить правильный тип фильтрующего элемента.

Обязательно нужно выполнять калибровку фильтров. Процесс включает в себя выбор наиболее подходящего сочетания грязеудерживающей способности, экономичность устройства, а также перепада давления.

3. Вязкость. Именно от уровня вязкости зависит возможный размер фильтра, необходимый для обеспечения качественной очистки. Если уровень вязкости не учитывают, может быть выбран и слишком маленький фильтр. Его установка повысит риск возникновения чрезмерных перепадов давления. В результате растет риск возникновения сбоев и иных сложностей.

4. Индикатор загрязнения. Предполагая, что фильтр системы имеет индикатор засорения (аналоговый или цифровой), пользователи должны создать соответствующую цель для низкого перепада давления при калибровке фильтров. Как правило, индикаторы загрязнения имеют перепад давления в диапазоне от 1 до 8 бар. Отношение установки индикатора загрязнения к чистому перепаду давления должно быть не менее 3:1.

5. Скорость потока. Тщательное рассмотрение этого показателя чрезвычайно важно при калибровке фильтров. Инженеры рекомендуют учитывать максимальную скорость потока при выборе гидравлического фильтра. Также нужно обращать внимание, что пульсации в потоке могут значительно превышать максимальную производительность насоса. Недооценка этого показателя увеличивает перепад давления через фильтрующий элемент, что снижает КПД контура и увеличивает эксплуатационные расходы.

Заключение. В результате произведенного анализа выявлены основные критерии, обеспечивающие надежную и эффективную работу гидравлических систем. Учитывая эти параметры, можно снизить износ гидравлических компонентов и эксплуатационные расходы, а также минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Лепешкин, А. В. Гидравлика и гидропневмопривод : учебное пособие / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейпак ; под ред А. А. Шейпака. - 3-е изд.. - Москва : МГИУ, 2005. - 350 с.
2. Андреев, Ю. А. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем [Учебное электронное издание комбинированного распространения] : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной формы обучения / Ю. А. Андреев ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 189 с.
3. Андреев, Ю. А. Снижение затрат на производство и эксплуатацию гидросистемы при повышении качества очистки рабочих жидкостей / Ю. А. Андреев, Д. О. Шмырев // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Международной научно-технической конференции (научные чтения, посвященные П. О. Сухому), Гомель, 22–23 ноября 2018 года – Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2018. – С. 50-52.
4. Дещеня, А. Д. Анализ конструктивных требований при разработке схмотехнического решения гидросистемы / А. Д. Дещеня, Ю. А. Андреев // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : В ДВУХ ТОМАХ, Витебск, 19 апреля 2023 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2023. – С. 444-447.
5. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

УДК 621.878.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОСИСТЕМЫ

КЛЕВЖИЦ Д.А. (студент гр. ГА-41)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Актуальность. Выбор оптимальной вязкости рабочей жидкости гидросистемы является критически важным фактором, влияющим на эффективность и долговечность гидравлических систем. Неправильный выбор вязкости может привести к снижению КПД, перегреву, кавитации и другим негативным последствиям. В условиях современной техники, работающей в широком диапазоне температур и давлений, стабильность вязкости и ее температурная зависимость играют ключевую роль в обеспечении надежности и долговечности гидросистем.

Цель работы – определение критериев выбора оптимальной вязкости рабочей жидкости для гидросистем. Работа направлена на изучение зависимости вязкости от температуры, давления и других параметров, влияющих на выбор оптимальной рабочей жидкости.

Анализ полученных результатов. Свойство текучей среды, заключающееся в возникновении в ней внутренних сил, препятствующих ее деформированию, и проявляющееся при изменении относительного положения ее частиц называется вязкостью [1]. Наиболее важными параметрами, определяющими работоспособность жидкостей, являются вязкость и ее зависимость от температуры, смазывающая способность, химическая и физическая стабильность, совместимость с материалами гидроузлов, уплотнений и трубопроводов, с лакокрасочными материалами.

Выбор вязкости зависит от типа насоса и рабочего давления в системе [2]. На рисунке 1 приведены зависимости полного и объемного КПД от вязкости рабочей жидкости и рабочего давления для разных типов насосов.

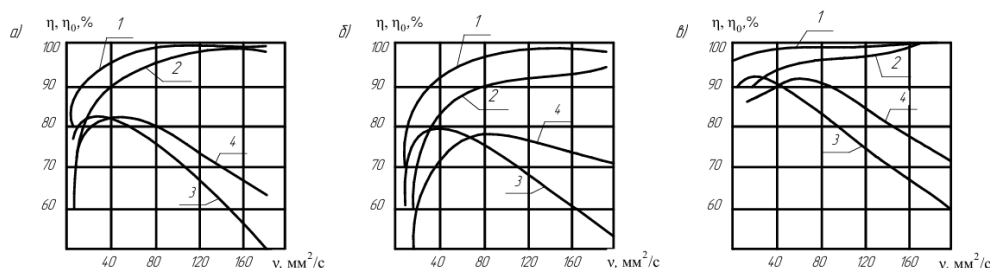


Рисунок 1 – Зависимости полного (η) и объемного (η_0) КПД от вязкости рабочей жидкости: насос шестеренный (а), насос пластинчатый (б), насос аксиально-поршневой (в);
 $n = 1200$ об/мин; 1 — η_0 при $p = 7$ МПа; 2 — η_0 при $p = 14$ МПа; 3 — η при $p = 7$ МПа; 4 — η при $p = 14$ МПа

Поскольку гидросистемы работают в большом температурном диапазоне, важное значение имеет вязкостно-температурная характеристика рабочей жидкости [3]. Она очень круто падает в диапазоне температур до 50°C и более полого после 50°C . Чем меньше падает вязкость в зоне высоких температур, тем качественнее считается масло. Это имеет особо большое значение для масел, применяемых для смазки машин, работающих на открытом воздухе, где температура может колебаться от 50°C до 100°C .

Вязкость масел в значительной степени зависит также от давления. При давлении $p = 15$ МПа вязкость увеличивается на 35–40 %, а при $p = 60$ МПа на 250–350 %.

Вязкость рабочей жидкости следует выбирать в оптимальных пределах, так как слишком малая или слишком большая вязкость приводит к снижению КПД системы. Снижение вязкости ниже оптимальной приводит к повышенным утечкам и ухудшению смазывающей способности, а это снижает объемный и механический КПД и приводит к повышенному нагреву. Повышенная вязкость ухудшает всасывание, повышает сопротивление движению деталей в жидкости, увеличивает нагрев элементов гидросистемы. В этом случае также снижается гидравлический, объемный и механический КПД. Также из-за недовсасывания возникает кавитация и шум.

Способом выражения зависимости между вязкостью и температурой для рабочей жидкости (в основном масел) является система индексов вязкости. Наилучшей рабочей жидкостью является та, у которой вязкость стабильна в интервале рабочих температур. Чем выше индекс вязкости рабочей жидкости ($IV > 90$), тем более полого изменяется ее кривая и лучше вязкостные свойства. Для повышения индекса вязкости используют различные присадки [4]. Как правило, вязкость масла подбирают в зависимости от скорости скольжения трущихся пар и их нагрузки — чем больше скорость скольжения и чем меньше нагрузка, тем меньшая должна быть вязкость масла и наоборот [5].

Заключение. Правильный выбор вязкости рабочей жидкости является важным условием эффективной и надежной работы гидросистем. Для обеспечения эффективной работы гидросистем необходимо учитывать индекс вязкости масла, его зависимость от типа насоса, температуры и давления, а также использовать присадки, улучшающие вязкостные характеристики. Правильный подбор вязкости рабочей жидкости позволяет значительно повысить надежность, КПД и долговечность гидросистем.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андрееву Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Андреев, Ю. А. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной формы обучения / Ю. А. Андреев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 189 с.
2. Бойко Н. З. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения: учебное пособие / Н. З. Бойко. — Алчевск: ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. — 204 с.
3. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2002. - № 3-4. - С. 5-7.
4. Poddenezhnyi, E. N., Boiko, A. A., Alekseenko, A. A., Borisenko, N. V., & Bogatyrev, V. M. (2003). Sol-gel synthesis of doped vitreous materials with the use of modified aerosils. Glass physics and chemistry, 29, 471-475.
5. Невзорова А.Б. [Комплексное восстановление деталей подшипниковых узлов](#). – Ремонт, восстановление, модернизация, 2003. – № 4. –С. 32–35.

УДК 631.37

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ЖАТКИ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ ОТКАЗОВ

Пальчун А.И. (студент гр. ГА-51)

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: жатка, гидропривод, отказ, комбайн, диагностика

Актуальность. Современные сельскохозяйственные комбайны, агрегатированные с жатками, обладают сложной системой гидропривода, которая определяет эффективность и надежность работы мобильной машины в целом [1]. Отказы в работе гидропривода могут привести к серьезным последствиям, таким как простои и уменьшение производительности. Поэтому важно разработать методы диагностирования гидропривода по внешним признакам отказов для оперативного выявления и устранения проблем [2,3].

Целью работы является разработка методики диагностирования гидропривода жатки по внешним признакам отказов с целью повышения надежности и эффективности работы комбайна.

Анализ полученных результатов. На надежность гидросистем при эксплуатации оказывают влияние различные факторы: особенности конструктивного исполнения (степень резервирования, возможность регулирования, удобство обслуживания и замены элементов и др.); режимы работы (частота включений, мощность, рабочее давление); параметры окружающей среды (температура, загрязненность, влажность), состояние рабочей жидкости (ее загрязненность, газосодержание, наличие воды, вязкость, температура); организационно-эксплуатационные условия, в том числе принятая стратегия технического обслуживания и ремонта, квалификация обслуживающего персонала, наличие эффективных средств диагностирования и др. [1-3].

В результате проведенных исследований были выявлены и систематизированы основные внешние признаки отказов гидропривода жатки транспортной, сгруппированные по типам неисправностей (таблица 1).

Таблица 1 – Внешние признаки отказов гидропривода комбайна

Неисправность, внешнее проявление	Возможные причины	Метод устранения, необходимые регулировки
Отсутствует или неудовлетворительное продольное копирование: 1 Жатка заводится в верхнем пределе копирования	Нарушена регулировка продольного уравнивания или повышенное сопротивление в шарнирном соединении жатки и наклонной камеры в зоне уплотнений	Проверить, и при необходимости отрегулировать. Проверить зазор между жаткой и переходной рамкой наклонной камеры. Отрегулировать при необходимости.
2 Жатка заводится в нижнем пределе копирования		Проверить, и при необходимости отрегулировать.

На основе систематизированных внешних признаков отказов разработан алгоритм диагностирования, который предусматривает последовательное выполнение следующих операций по выявлению и анализу внешних признаков, определению наиболее вероятных причин неисправности и принятию решения о необходимости проведения ремонта или замены компонентов [4, 5]:

1. Начать диагностику с проверки уровня гидравлической жидкости в резервуаре.
2. Проверить состояние гидравлических шлангов и соединений на наличие утечек или повреждений.
3. Проверить работу гидравлического насоса на наличие шумов или необычных вибраций.
4. Проверить фильтры системы гидропривода на наличие загрязнений и заменить их при необходимости.
5. Проверить состояние гидравлических клапанов на правильную работу и герметичность.
6. Проверить давление в гидросистеме с помощью датчиков или манометров.
7. Проверить работу гидромолоты и гидроцилиндров на правильную работу и утечки.
8. Провести тестирование работы гидропривода в различных режимах работы комбайна.

Заключение. Разработана методика диагностирования гидропривода жатки на основе анализа внешних признаков отказов. Методика позволяет оперативно выявлять неисправности, определять их причины и принимать меры по их устранению, минимизируя время простоя техники и повышая эффективность эксплуатации уборочного процесса. Разработанный алгоритм диагностирования прост в использовании и может быть реализован персоналом, не имеющим высокой квалификации [6]. Экономическая эффективность методики заключается в снижении времени простоя техники за счет оперативного выявления неисправностей, уменьшении затрат на ремонт за счет своевременной замены изношенных компонентов и предотвращении серьезных поломок, вызванных несвоевременным обслуживанием.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.
2. Зайченко, В.М. Гидравлика и гидропневмопривод сельскохозяйственных машин / В.М. Зайченко, В.И. Черкун. – М.: КолосС, 2008. – 360 с.
3. Ряховский, О.А. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники / О.А. Ряховский [и др.]. – М.: Академия, 2008. – 368 с.
4. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.
5. Невзорова, А.Б. Применение прессованной модифицированной древесины в узлах трения сельскохозяйственной техники / В.Б. Врублевский, А.Б. Невзорова, В.А. Дашковский/ Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. Машиностроение и приборостроение. – 2010. – № 2. – С.44–48/
6. Диулин Д. А., Прушак В. Я., Гегедеш М. Г. Анализ напряженно-деформированного состояния проблемных мест шахтного ствола рудника на основе компьютерного моделирования // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2023. – Т. 67. – №. 4. – С. 322-330.

КОПИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПРИ РАБОТЕ КОМБАЙНА

Лапотько В.В. (студент, гр. ГА-51)

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь**Ключевые слова: копирование рельефа, поле, комбайн, система уравнивания, гидропневматика*

Актуальность. Копирование рельефа при работе мобильных машин повышает эффективность работы техники на неровных поверхностях и, следовательно, является актуальной темой, особенно в сельском хозяйстве и строительстве.

Цель работы – копированием рельефа при эксплуатации мобильных машин заключается в обеспечении их эффективной работы на неровных поверхностях. Это достигается за счёт создания и совершенствования систем, которые позволяют технике адаптироваться к особенностям рельефа.

Анализ полученных результатов. Все разнообразие систем копирования рельефа поля можно разделить на три большие группы: пассивные, активные и гибридные [1, 2, 3].

К пассивным системам копирования можно отнести системы, у которых отсутствует управление параметрами, влияющими на высотное регулирование, в процессе работы. В таких системах механизм настраивается один раз перед работой и во время копирования рельефа поля не проводится перенастройка его параметров под изменяющиеся условия работы. Такие системы могут быть как механического типа, с использованием пружинно-рычажных механизмов, так и гидропневматического, с использованием замкнутого контура «гидроцилиндр — пневмогидроаккумулятор» («ГЦ — ПГА»). В последнем случае ПГА совместно с ГЦ выполняет роль упругого элемента (рисунок 1).

Пассивные системы копирования — исторически первая группа систем уравнивания. Они хорошо себя зарекомендовали в узком диапазоне копирования, но обладают некоторыми недостатками. Эти системы не могут автоматически перенастраиваться под резкие изменения высоты профиля поля. Применение активных систем копирования предполагает автоматизацию высотного регулирования рабочих органов с помощью различных средств [4]. Активные системы позволяют автоматизировать и управлять процессом копирования непрерывно в процессе работы. Однако и эти системы не лишены недостатков, один из которых — ограничение быстродействия на скоростях движения выше 6 км/ч. Гибридные системы копирования совмещают положительные качества первых двух групп и обеспечивают работоспособность системы копирования сельскохозяйственных машин на повышенных скоростях [5].

Закключение. Проведен обзор различных систем копирования поверхности поля, применяемых в конструкциях сельскохозяйственных уборочных машин, из которого можно сделать следующие выводы.

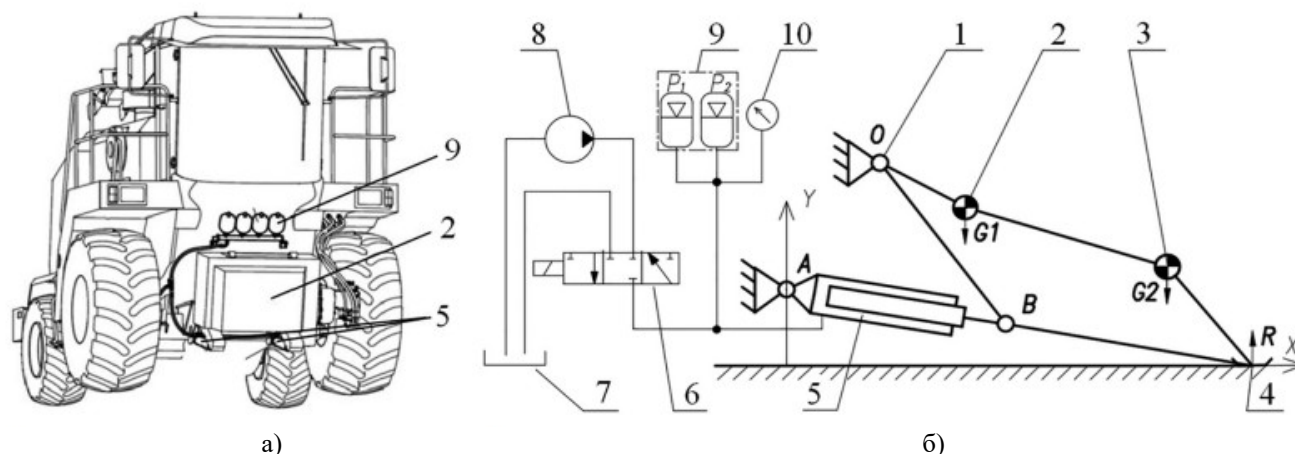


Рисунок 1 — Кормоуборочный комбайн с системой копирования гидропневматического типа:

а — общий вид; б — принципиальная схема; 1 — ось качания ПИА совместно с адаптером; 2 — точка G1 — центр тяжести ПИА; 3 — точка G2 — центр тяжести адаптера; 4 — точка R — опорный элемент адаптера; 5 — ГЦ; 6 — гидрораспределитель; 7 — гидробак; 8 — гидронасос; 9 — блок ПГА; 10 — датчик давления

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Тончева Н. Н., Алатырев С. С., Григорьев А. О. Обоснование параметров копирующего устройства капустоуборочного комбайна // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 46. – С. 103-109.
2. Попов, В. Б. Дополнение формализованного описания механизма вывешивания адаптера кормоуборочного комбайна / В. Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого: научно - практический журнал. - 2015. - № 1. - С.3-10.
3. Щиголев С. В. Модернизация механизма копирования рельефа поля // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 3. – С. 40-44.
4. Невзорова, А.Б. Применение прессованной модифицированной древесины в узлах трения сельскохозяйственной техники / В.Б. Врублевский, А.Б. Невзорова, В.А. Дашковский/ Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. Машиностроение и приборостроение. – 2010. – № 2. – С.44–48/
5. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

УДК 621.785

ВЫБОР РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СТАНОЧНОГО ГИДРОПРИВОДА

Мишко А.Ю. (студент группы ГА-51)

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: рабочая жидкость, станочный гидропривод, характеристики, масло индустриальное

Актуальность. Одной из актуальных задач современного гидромашиностроения является повышение надежности и долговечности объемных гидроприводов при одновременном повышении рабочего давления. Решение этой задачи требует более обоснованного выбора рабочей жидкости как основного агента гидропривода, обеспечивающего его нормальное функционирование [5].

Цель работы заключается в исследовании требований, влияющих на выбор рабочей жидкости для станочного гидропривода, а также выбор рабочей жидкости для гидросистемы электроэрозионного станка.

Анализ полученных результатов. К рабочим жидкостям станочных гидроприводов предъявляются следующие основные требования [1]: наличие оптимальной вязкости; хорошие смазочные и антикоррозионные свойства; большой модуль упругости; химическая стабильность при эксплуатации; сопротивляемость вспениванию; совместимость с материалами гидросистемы; малые плотность и способность к растворению воздуха; высокие теплопроводность, температура кипения и удельная теплоемкость; минимальный коэффициент теплового расширения; негигроскопичность и незначительная растворимость в воде; огнестойкость, нетоксичность и отсутствие резкого запаха; прозрачность и наличие характерной окраски. Жидкость должна также производиться в достаточном количестве и иметь низкую стоимость. Так же существенным для нормальной работы объемного гидропривода является обеспечение устойчивого режима жидкостного трения в зазоре между контактирующими поверхностями пар трения при минимальных утечках и перетечках рабочей жидкости [2, 4].

Рабочие жидкости для гидравлических систем условно делят на четыре группы [1, 3]:

1) нефтяные масла без присадок, которые используют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, когда не предъявляются особые требования к эксплуатационным свойствам масел. В таких системах применяют индустриальные масла общего назначения без присадок: И-12А, И-12А, И-20А, И-30А, И-40А и И-50А.

2) легированные масла с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и антипенными свойствами. Их используют в гидравлических системах, эксплуатируемых при высоких рабочих давлениях (до 16 – 35 МПа), масла: И-5А, И-8А.

3) легированные масла вязкостью при 50 °С от 16,5 до 40 мм²/с. Они отличаются от масел второй группы лучшими противозадирными свойствами, и их используют в гидравлических системах, которые эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях (>35 МПа), масла: И-12А, И-12А1.

4) легированные масла, получаемые загущением вязкостными присадками маловязких очищенных и высокоочищенных нефтяных масел из сернистых нефтей селективной очистки, масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А. Для электроэрозионных станков используются следующие рабочие жидкости (таблица 1): индустриальное масло И-12 и И-20.

Таблица 1 – Основные характеристики рабочих жидкостей И-12 и И-20

Показатели		И-12	И-20
Вязкость кинематическая при 40 °С, мм ² /с		14	30
Кислотное число, мг КОН/г, не более		0,5	0,03
Температура, °С: - вспышки в закрытом тигле, не ниже/- застывания, не выше		182/-17	210/-17
Коксуемость, %, не более		Отсутствие	0,05
Массовая доля, %, не более: - ароматических углеводородов/серы		5,5/0,03	5,5/0,001
Цвет, ед. ЦНТ, не более		-	1
Испытание на коррозию медной пластинки		Выдерживает	

Закключение. Наиболее рационально в использовании является масло индустриальное И-12, за счёт своих подходящих характеристик, относительно небольшой стоимости и доступности.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю. А., старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Андреев, Ю. А. Рабочие жидкости, смазки и уплотнения гидропневмосистем: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной формы обучения / Ю. А. Андреев ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 189 с.
2. Михневич, А. В. О выборе рабочей жидкости для форсированного объемного гидропривода / А. В. Михневич, Н. Н. Михневич, Ю. А. Андреев // Современные проблемы машиноведения : тезисы докладов V Международной научно-технической конференции (научные чтения, посвященные П. О. Сухому), Гомель, 01–02 июля 2004 года / под общ. ред. С. Б. Сарело. – Гомель: Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, 2004. – С. 87-88.
3. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / В. В. Остриков, А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов, А. В. Забродская ; под общ. ред. В. В. Острикова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 245 с.
4. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
5. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

АНАЛИЗ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТАНКА

Горбов Р.А. (студент гр. ГА-51)

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: станок, схмотехническое решение, гидравлическая схема, станок, рабочие органы

Актуальность. Для получения на металлорежущем станке детали требуемой формы и размеров рабочим органам станка необходимо сообщить определенный, иногда довольно сложный комплекс согласованных друг с другом движений. Важной задачей проектирования при этом является выбор обоснованного схмотехнического решения, обеспечивающего заданный порядок движения рабочих органов станка в соответствии с циклограммой.

Целью работы является анализ схмотехнических решений одновременной и последовательной работы рабочих органов станка для обоснованного проектирования гидравлической схемы обрабатывающего центра BYVER600.

Анализ полученных результатов. Применение гидроприводов в станкостроении позволяет упростить кинематику станков, снизить их металлоемкость, повысить точность, надежность и уровень автоматизации [1]. Широкое использование гидроприводов в станкостроении определяется рядом их существенных преимуществ перед приводами других типов, прежде всего, возможностью получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах гидродвигателей. Гидроприводы обеспечивают широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости (при условии хорошей плавности движения), возможность работы в динамических режимах с требуемым качеством переходных процессов, защиту системы от перегрузки и точный контроль действующих усилий.

В современных станках с высокой степенью автоматизации цикла требуется реализация множества различных движений. Критический анализ приводов различных типов применительно к конкретным условиям того или иного станка позволяет выбрать оптимальное схмотехническое решение [2].

Гидроприводы используются в механизмах подачи, смены инструмента, зажима, копировальных суппортах, устройствах для транспортирования, уравнивания, разгрузки, фиксации, устранения зазоров, переключения зубчатых колес, привода смазочных насосов, блокировок, уборки стружки, перемещения ограждений, поворота револьверных головок и столов инструментальных магазинов, перемещения пинолей и т.п. Причем основные и вспомогательные движения рабочих органов станка могут выполняться одновременно и последовательно [3].

Для последовательного включения в работу нескольких исполнительных механизмов используются различные системы управления [4, 5]. В гидрофицированных системах, состоящих из нескольких цилиндров или гидромоторов, последовательное включение их в работу в заданном порядке достигается: с помощью распределителей; с помощью клапана последовательности (рисунок 1, а). Последний вариант обеспечивает более точное переключение гидроцилиндров при их последовательной работе.

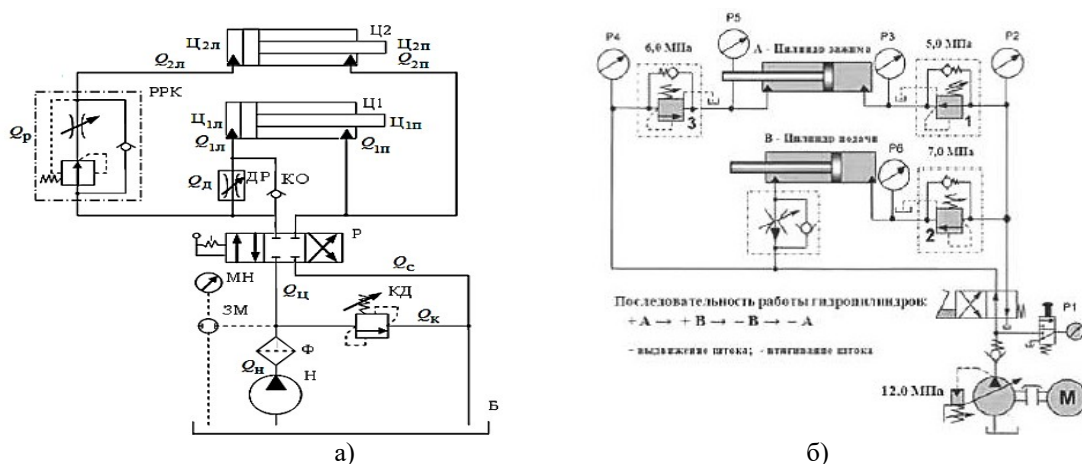


Рисунок 1 – Гидравлические схемы привода с последовательной (а) и одновременной (б) работой гидроцилиндров

В идеале одновременная работа предполагает обеспечение строго согласованных во времени перемещений движущихся объектов. Существует большое количество разнообразных по принципу действия и

конструктивному исполнению синхронных систем: с синхронизацией дроссельного (рисунок 1, б) или объемного типа. Синхронизаторы дроссельного типа имеют небольшие размеры по сравнению с синхронизаторами объемного типа.

Заключение. Выбор конкретного схмотехнического решения зависит от сложности разрабатываемой гидросистемы, от требований надежности и точности работы исполнительных механизмов станка, величины рассогласования при одновременной работе и т.п.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреев Ю.А., ст. преподаватель, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы : справочник / В. К. Свешников. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Машиностроение, 2008. - 639 с.
2. Дещеня, А. Д. Анализ конструктивных требований при разработке схмотехнического решения гидросистемы / А. Д. Дещеня, Ю. А. Андреев // Материалы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. Т. 2, Витебск, 19 апреля 2023 г. / Витебский государственный технологический университет. – Витебск : ВГТУ, 2023. – С. 444–447.
3. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Учебное пособие. – М.: Форум, 2007. – 304 с.
4. Путятю, А. В. Модульный принцип проектирования станков и инструментов / А. В. Путятю, М. И. Михайлов // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30 нояб. 2023 г. / М-во пром-сти Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. М. И. Михайлова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – С. 8–12.
5. Михневич, А. В. Анализ динамики распределительных узлов аксиально-поршневых гидромашин при высоких давлениях / А. В. Михневич, Ю. А. Андреев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 5–7.

УДК 38.01.77

СПЕЦИФИКА РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Ключко У.В. (студент, гр. НР-41)

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: цифровизация, моделирование, геологическая модель месторождения

Актуальность. Создание цифровых геологических моделей пластов является крайне актуальным в современных условиях развития технологий и потребностей нефтегазовой отрасли [1]. Основные причины необходимости внедрения цифровых технологий на основе моделирования: повышение точности прогнозирования, оптимизация процессов разработки месторождений, снижение затрат, интеграция данных [2,3].

Цель работы. Целью данной работы является рассмотрение алгоритма построения цифровой геологической модели подселевых залежей нефти Бескопыльновского месторождения на основе имеющихся геологических данных.

Анализ полученных результатов. Построение модели проводилось в программном комплексе Petrel компании Schlumberger.

Этапы построения геологической модели:

- загрузка и корректировка входных данных;
- создание структурной модели;
- создание лито-седиментационной модели;
- создание петрофизической модели;
- проверка качества построенной модели;
- подсчет запасов.

В качестве исходной информации для трехмерного геологического моделирования залежей и месторождений используются следующие материалы:

- номера и координаты устьев скважин, альтитуды столов ротора;
- исходные кривые ГИС, результаты их обработки и поинтервальной интерпретации;
- контуры зон подсчёта запасов УВ, линии проекций разрывных нарушений;
- сведения о физико-химических свойствах нефти [1].

Построение структурной модели основывается на построении стратиграфических горизонтов по стратиграфическим отбивкам скважин, импортированным из базы данных [2].

Под структурным моделированием подразумевается создание границ последовательности пластов в соответствии с глубинами их залегания. Каждая граница представляет собой поверхность и называется горизонтом. Горизонт описывает поверхность кровли или подошвы стратиграфического пласта.

Перед непосредственным построением литологической модели необходимо определить детальность разбиения геологической модели на модельные слои.

Этап построения литологической модели является одним из основных при построении цифровой геологической модели, следующим за построением структурного каркаса.

Литологическая модель – это попытка воспроизведения с помощью специализированного программного обеспечения особенностей и характера распространения индекса коллектора в трехмерном пространстве геологической структуры, образовавшейся в процессе осадконакопления и последующих геологических преобразований.

На последующих этапах производится заполнение коллектора петрофизическими свойствами [3].

В качестве исходной информации для расчета куба начальной нефтенасыщенности объектов послужили результаты интерпретации ГИС. Распределение грида начальной нефтенасыщенности, проводилось с помощью модуля Petrophysical modeling с учётом созданного трендового свойства, изменяющегося в зависимости от расстояния до уровня принятого водонефтяного контакта. Для каждого продуктивного блока были построены поверхности флюидных контактов [4,5]. В последствии геологическая модель легла в основу построения гидродинамической модели, адекватность которой была подтверждена.

Заключение. Цифровые геологические модели пластов являются важным инструментом для изучения и разработки нефтяных и газовых месторождений. Они позволяют оценить запасы углеводородов, оптимизировать процессы добычи и снизить риски при эксплуатации. Развитие технологий сбора и классификации геологических данных и увеличение мощностей компьютерной техники позволяют вывести цифровые модели на новый уровень и сделать их более точными и доступными для эффективного использования в нефтегазодобыче.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Абрамович О. К., старший преподаватель, за консультацию при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Современные проблемы геологического картирования: материалы X Унив. геол. чтений, Минск, 14-15 апр. 2016 г. / редкол. В.И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2016. – С.4-5
2. Абрамович, О. К. Применение ЭВМ в расчётах по разработке, эксплуатации нефтяных месторождений: пособие по одному. дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / О. К. Абрамович. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 113 с.
3. Жуковский, А. М. Опыт использования геомеханического моделирования на скважинах Тишковского месторождения нефти / А. М. Жуковский, Р. Е. Гутман, В. Д. Порошин // Нефтегазовый инжиниринг : научно-технический журнал. – 2024. – № 1. – С. 17–26.
4. Алешин А.С. Цифровые модели в геологии нефти и газа. – М.: Недра, 2015.
5. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевич, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113-114.
6. Диулин Д. А., Прушак В. Я., Гегедеш М. Г. Анализ напряженно-деформированного состояния проблемных мест шахтного ствола рудника на основе компьютерного моделирования // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2023. – Т. 67. – №. 4. – С. 322-330.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИИ, КАК ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА

Снарская Д.С. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидropескоструйная перфорация; нефтеразработка, продуктивность, приток

Актуальность. В настоящее время одной из основных задач нефтеразработки является вовлечение трудноизвлекаемых запасов нефти, в которых сосредоточено более 50% остаточных извлекаемых запасов углеводородов [3]. Известно, что производительность нефтяных и газовых скважин напрямую зависит от качества первичного (при бурении) и вторичного (в обсаженном стволе) вскрытия продуктивного пласта. Вторичное вскрытие в подавляющем большинстве случаев производится посредством пулевой перфорации. Выбор технологии вторичного вскрытия продуктивного пласта важен как в период освоения и ввода скважины в эксплуатацию, так и при её эксплуатации, так как он оказывает решающее значение в плане увеличения продуктивности добывающего фонда [4, 5].

Целью работы является рассмотрение вопроса проведения гидropескоструйной перфорации и оценки её эффективности в плане повышения интенсификации притока.

Анализ полученных результатов. Рассмотрены традиционные методы перфорации и их результативность и вариант гидropескоструйной перфорации с явными преимуществами в сложных геологических условиях. Для вскрытия пластов может применяться традиционная пулевая перфорация. Перфораторы, соединенные в гирлянды, спускают в скважину на каротажном кабеле. В камеры перфоратора закладывают заряд пороха и запал. При подаче тока по кабелю с поверхности порох воспламеняется и пуля с большой скоростью выталкивается из ствола перфоратора. Широкое распространение также получила беспулевая перфорация кумулятивными перфораторами. В этом случае отверстие в колонне создается не пулями, а фокусированными струями газов, которые возникают при взрыве кумулятивных зарядов. Кумулятивная перфорация является более эффективной и способствует сохранению целостности цементного камня в заколонном пространстве, уменьшая возможности возникновения перетоков пластовых флюидов.

Для улучшения связи скважины с продуктивным пластом может применяться гидropескоструйный метод вскрытия пласта. В скважину на колонне насосно-компрессорных труб спускают струйный аппарат, состоящий из корпуса и сопел. При нагнетании в трубы под большим давлением жидкость с песком выходит из сопел с большой скоростью и песок разрушает колонну, цементное кольцо и породу. Гидropескоструйная перфорация имеет ряд преимуществ перед другими методами: отверстия в колонне и цементе не имеют трещин, имеется возможность регулировать диаметр и глубину отверстий, можно создать горизонтальные и вертикальные надрезы. Абразивный материал является обычный кварцевый песок с небольшим содержанием глины (до 0,5%), фракционный состав песка 0,5-1,2 мм. Размер частиц не должен быть более 2 мм, так как иначе они могут закрывать отверстия насадок перфорационного аппарата. К недостаткам этого вида перфорации следует отнести большую стоимость и потребность в громоздком наземном оборудовании, поэтому необходимы инновационные решения обозначенных проблем. После перфорации проводится освоение скважины, то есть осуществляется вызов притока в нее нефти и газа [1]. Гидropескоструйное вскрытие чаще всего используется в условиях, когда кумулятивное или пулевое перфорирование не дает должного результата. Её наиболее целесообразно применять в скважинах, гидродинамически несовершенных по характеру раскрытия пласта. Гидropескоструйную перфорацию нецелесообразно применять в интервалах, уже подвергнутых кислотной обработке и гидроразрыву пласта, а также в сильнообводнённых пластах. Она может проводиться как в наклонно-направленных, так и в горизонтальных скважинах, а также в скважинах с отрицательными углами в любое время суток и не требует специальных мер безопасности и отключения электроэнергии. При этом её стоимость не выше, чем при кумулятивном способе перфорации. Удельная поверхность вскрытия пласта достигает на 80–100 % больше, чем при кумулятивной перфорации. Об эффективности гидropескоструйной перфорации свидетельствует тот факт, что в настоящее время во многих НГДУ, прежде всего в Западной Сибири, интенсивно проводится реперфорация, когда после ввода скважины в эксплуатацию в интервале кумулятивной перфорации сразу же производится гидropескоструйная. При этом производительность скважин существенно возрастает. Опыт проведения гидropескоструйной перфорации показывает, что при её проведении минимальное увеличение производительности скважин происходит в 1,5–2,0 раза от первоначальной, максимальное в десятки раз. На

обводнённых месторождениях увеличивается нефтяная составляющая в общем балансе извлекаемой жидкости из скважин [2].

Заключение. Гидропескоструйная перфорация может проводиться в скважинах практически с любым профилем: как в наклонно-направленных, так и в горизонтальных. В случае использования современной технологии стоимость данного способа соизмерима с традиционными, в частности с кумулятивным способом, а удельная поверхность вскрытия пласта на 80–100 % больше, чем при кумулятивной перфорации. При проведении гидропескоструйной перфорации производительность скважин существенно возрастает от 1,5–2,0 раз от первоначальной до десятков раз и при этом на обводнённых месторождениях увеличивается нефтяная составляющая в общем балансе извлекаемой жидкости из скважин.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю – старшему преподавателю Абрамович Ольге Константиновне, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
2. Абрамович О.К., Абрамович А.А. Оценка технологической эффективности проектируемых мероприятий по интенсификации добычи нефти методом гидропескоструйной перфорации.
3. Абрамович, О. К. Применение ЭВМ в расчётах по разработке, эксплуатации нефтяных месторождений: пособие по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / О. К. Абрамович. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 113 с.
4. Невзорова, А. Б. Основы математического моделирования месторождений углеводородов для студентов технического университета / А. Б. Невзорова, В. А. Колодко // Научные и методические аспекты математической подготовки в университетах технического профиля : материалы V Международной научно-практической конференции, Гомель, 27 апреля 2023 года. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 162-166.
5. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевиц, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113-114.

УДК 681.518:622.276.1/4

РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Бугримов А. А. (студент, гр. НР-41)

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование, информационная база, водоносный пласт

Актуальность. Гидродинамические модели играют ключевую роль в решении задач, связанных с движением жидкостей и газов – от прогнозирования климатических изменений до проектирования высокотехнологических устройств. Однако их прямое применение часто ограничено сложностью реальных систем, о чём свидетельствуют результаты адаптации моделей под конкретные условия [1].

Цель работы. Изучить процесс создания гидродинамической модели для решения задач нефтегазозаготовки на примере залежей Восточно-Дроздовского месторождения и проанализировать проблемы адекватности модели.

Анализ полученных результатов. Опыт создания гидродинамических моделей показывает необходимость тщательного отбора, оценки и частичной отбраковки исходных данных, так как именно качество исходных данных изначально определяет адекватность модели [5]. Приведение в порядок информационной базы, уровень классификации исходных данных и обоснованный подбор математического аппарата программных продуктов заложены в основе эффективности моделирования. Ряд проектных организаций разрабатывают собственное программное обеспечение с целью оптимизации отдельных этапов процесса моделирования, автоматизации ввода и хранения данных, анализа и информации. Авторское программное обеспечение может быть

представлено встраиваемыми в среду базовых систем программными модулями. Компания «Schlumberger» является ведущим мировым поставщиком технологий для комплексной оценки пласта, строительства скважин, управления добычей и переработки углеводородов. Продукты этой компании успешно используются для моделирования на месторождениях Припятского прогиба и имеют высокую степень адекватности, но проблемы в построении моделей полностью не решены [2]. Происходит развитие математического аппарата, но его связь с предметными задачами не всегда прослеживается [3]. Не полностью учитываются основные положения логики моделирования, топологии пласта, пространственно-временной аспект процессов нефтегазодобычи. Моделирование осуществляется при посредстве гладких моделей теоретической физики. Основной технологический процесс нефтегазодобычи – вытеснение углеводородов из пористого пласта определяет все сопутствующие технологические и экономические операции и решения, именно в его моделировании физико-математические методы оказались не вполне адекватными, поэтому актуальной задачей является математическое описание физических процессов, происходящих в период разработки углеводородов [1].

Для адаптации модели по истории разработки Восточно-Дроздовского месторождения проводились последовательные запуски программы на расчет с временным шагом в 1 месяц и сравнением расчетных и фактических показателей, причем в качестве контролирующего параметра был задан отбор жидкости (м^3).

Первые запуски модели показали, что пластовой энергии упругости пластовых жидкостей и породы недостаточно для обеспечения добытого объема. Проанализировав поведение пластовых давлений по скважинам, был установлен режим разработки Восточно-Дроздовского месторождения как упруго-водонапорный. Поэтому для адаптации динамической модели по истории поведения пластового давления было решено включить в модель аналитический водоносный пласт, что позволило привести расчетную добычу жидкости в целом по залежам в соответствие с фактической добычей [4]. Для адаптации по истории добычи воды редактировались форма кривых относительных фазовых проницаемостей и значения абсолютной проницаемости. Это позволило добиться приемлемой сходимости фактической и исторической добычи нефти и обводненности продукции. В результате была получена модель с приемлемой сходимостью по основным показателям разработки, которая может быть использована в качестве основы для расчета основных прогнозных технологических показателей разработки, но обозначенные ранее проблемы остались. В основу расчета прогнозных показателей разработки положены текущие отборы жидкости по добывающим скважинам. Коэффициент эксплуатации для скважин принят равным 0.95. Также применяется экономическое ограничение для выбытия добывающих скважин при достижении предельной обводненности 98%. По всем вариантам предусматривается проведение изоляционных работ по достижении 80 % обводненности. Выходной информацией являются: дебиты добывающих скважин, приемистость нагнетательных скважин, годовая добыча нефти и жидкости как по всему объекту, так и по отдельным скважинам, фонд добывающих и нагнетательных скважин на конец года [2].

Заключение. Главная проблема построения и управления рациональными системами недропользования состоит в том, насколько модели адекватны реальным объектам и процессам. Результаты адаптации гидродинамических моделей расширяют возможности прогнозирования и проектирования. Дальнейшее развитие моделирования в нефтегазодобыче требует сотрудничества физиков, математиков, инженеров и IT-специалистов, а также активного внедрения инновационных подходов.

Благодарность. Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Абрамович О. К., старшему преподавателю, за консультацию при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Захарова А. А., Ямпольский В. З. Оптимизация технологии моделирования нефтегазовых месторождений на основе цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей // Проблемы информатики. – 2009. – №. 1. – С. 48-52.
2. Брайчук Р. Н. Оценка начальных и остаточных извлекаемых запасов нефти и их локализация объемным методом на основе геолого-гидродинамической модели месторождения Припятского прогиба // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2009. – №. 6. – С. 15-19.
3. Невзорова, А. Б. Основы математического моделирования месторождений углеводородов для студентов технического университета / А. Б. Невзорова, В. А. Колодко // Научные и методические аспекты математической подготовки в университетах технического профиля : материалы V Международной научно-практической конференции, Гомель, 27 апреля 2023 года. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 162-166.
4. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевиц, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113-114.
5. Повжик П. П. Создание системного подхода-пути повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти месторождений Припятского прогиба // Недропользование XXI век. – 2019. – №. 4. – С. 134-143.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКОЙ ПЕРФОРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СКВАЖИНАХ СО СЛОЖНЫМИ ИСКРИВЛЕННЫМ ПРОФИЛЕМ СТВОЛА

Горбачев П.А. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: бурение, перфорация скважины, кривизна, геометрия скважин, профиль ствола

Актуальность. Промышленное применение гибкой перфорационной системы в скважинах со сложным искривлением профиля ствола позволяет улучшить эффективность процесса бурения и добычи нефти [1]. Эта инновационная технология обеспечивает точное и контролируемое создание отверстий в обсадных трубах, что позволяет оптимизировать производительность скважины и увеличить добычу углеводородов [6]. Гибкая перфорационная система способна адаптироваться к сложным геологическим условиям и искривленному профилю ствола, обеспечивая надежное и эффективное функционирование скважины [2]. Этот проект является важным шагом в развитии индустрии нефтегазового добычи и способствует повышению производительности и экономической эффективности процессов бурения и добычи [4]. Гибкие перфорационные системы обеспечивают более равномерное распределение перфорационных каналов по сравнению с традиционными жесткими системами, особенно в зонах с высокой кривизной. Месторождения Припятского прогиба имеют сложное геологическое строение и сложную геометрию скважин, поэтому повышенная гибкость предлагаемых систем может принести положительные результаты [5].

Минимизируется риск закупорки и повреждения оборудования, что приведёт к улучшению гидродинамической связи между пластом и скважиной и положительно скажется на дебите.

Цель работы. Изучение возможности применения гибкой перфорационной системы в скважинах со сложным и искривленным профилем ствола, особенности и условия её применения.

Анализ полученных результатов. Освоение скважины – это особый технологический цикл, который завершает ее строительство. Качество освоения и результаты последующей эксплуатации скважин зависят от того, насколько удастся восстановить фильтрационные характеристики продуктивных пластов-коллекторов на стадии первичного и вторичного вскрытия пласта, вызова притока, применения различных методов интенсификации притока из пласта. Скважины с перфорированным забоем доминируют в нефтедобывающей отрасли. По принципу действия технических средств и технологий, применяемых для перфорации скважин, все методы можно разделить на следующие: взрывные, гидродинамические, механические, химические [1,2].

Разработанная специалистами ЗАО «БВТ» (г. Самара) перфорационная система включает в себя новые конструктивные решения и ориентирована на решение проблем в следующих областях: технологические риски – снижение вероятности проблем, связанных с подъемом отстрелянного перфоратора; риски потенциальных человеческих ошибок – простота сборки перфорационной системы; снижение временных и материальных затрат.

В результате применения гибкой перфорационной системы была решена сложнейшая задача по перфорации протяженного интервала со сложным искривленным профилем по всей длине ствола скважины на одном из месторождений РФ. Прострелочно-взрывные работы проводились в осложненных геолого-технических условиях на глубине интервала перфорации около 3000м и углом наклона около 90°. При проведении перфорации стандартными системами жесткой сборки длиной 50 м степень риска разгерметизации перфорационной системы и отказа оборудования была бы критически высокой. Работы гибкой системой были проведены за две спускоподъемные операции в штатном режиме, перфораторы многосекционных сборок сработали полностью. Одно из основных преимуществ гибкой перфорационной системы – отсутствие ограничений по интенсивности набора кривизны траектории скважины обеспечивается конструкцией шарнирного соединения: изгиб между осями секций может достигать 8–10°. В качестве базовых элементов многосекционной системы используются стандартные, серийно выпускаемые комплектующие хорошо зарекомендовавших себя перфорационных систем, штатно применяемых операторами добычи нефти и газа. При сравнительном анализе временных затрат стандартной и инновационной технологий принималось во внимание, что время на спускоподъемные операции для шаблонирования, привязки и контроля перфорации в обоих случаях является одинаковым. Выигрыш по временным затратам на прострелочно-взрывные работы по предложенной технологии становится значительным при мощности интервала перфорации от 7 метров и далее растет с увеличением протяженности интервала перфорации [3].

Заключение. Гибкая перфорационная система показала свою эффективность при перфорации скважины со сложным искривленным профилем ствола, однако необходим учёт особенностей каждой скважины при выборе и настройке системы. Гибкая перфорационная система способна адаптироваться к сложным геологическим условиям и искривленному профилю ствола, обеспечивая надежное и эффективное функционирование скважины.

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Абрамович О.К. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Абрамович О.К., Абрамович А.А. Оценка технологической эффективности проектируемых мероприятий по интенсификации добычи нефти методом гидродескоструйной перфорации.
2. Абрамович О.К., Стельмашенок А.Г. Адаптация перспективных технологий бурения скважин для добычи углеводородов на месторождениях Припятского прогиба. Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 43-46.
3. Тулаев А., Арисметов А. / Новая гибкая перфорационная система Снижение рисков и повышение эффективности прострелочно-взрывных работ в осложненных условиях, с.58-60.
4. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
5. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
6. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевиц, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113-114.

Научное издание

Студенческий научный движ

Материалы научно-технической
конференции аспирантов, магистрантов, студентов

Электронное издание

В авторской редакции