

Министерство образования Республики Беларусь  
Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого



# **МИТРО 2024**

## **«Машиностроение. Инновации. Технологии. Робототехника»**

Гомель, 6 декабря 2024 года



### **МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ**

научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов

Гомель, 2024

УДК 621+001.895+621.865.8  
ББК 34.4+65-551+30.69+32.816  
М38

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор А.А. Бойко (ГГТУ имени П.О. Сухого),  
кандидат технических наук А.Г. Ракутько (БелНИПИнефть),  
доктор геолого-минералогических наук, доцент В.Д. Порошин,  
кандидат технических наук, доцент Д.Л. Стасенко (ГГТУ имени П.О. Сухого)

Редакционная коллегия

Гегедеш М.Г. (декан машиностроительного факультета, к.т.н., доцент)  
Невзорова А.Б. (заведующий кафедрой НГРиГПА, д.т.н., профессор)  
Лапко О.А. (магистр, старший преподаватель кафедры «Механика»)

М38 МИТРо 2024 «Машиностроение. Инновации. Технологии. Робото-  
техника» [Электронный ресурс] : материалы докл. науч.-техн. конф.  
студентов, магистрантов и аспирантов. – Гомель : ГГТУ имени П. О.  
Сухого, 2024. – 246 с.

Материалы докладов содержат результаты научных исследований студентов, магистрантов и аспирантов из Беларуси, России, Туркменистана, Йемена, Саудовской Аравии, посвященные актуальным вопросам технологии машиностроения, робототехнике, проектированию технических изделий, моделированию процессов в нефтегазодобыче, энергосбережении, экологии промышленности, механике и аддитивным технологиям.

Для широкого круга читателей

К 621+001.895+621.865.8  
ББК 34.4+65-551+30.69+32.816

© Оформление. ГГТУ имени П.О. Сухого,  
машиностроительный факультет, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ДАВЛЕНИЕМ НА ГАРЦЕВСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ Авласенко И.С. (магистрант гр. ЗНГИ-11).....	12
ВЛИЯНИЕ MORFOЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ Акунец Е.Г. (студентка, гр. ТМ- 41).....	14
ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДБОРЕ ЖИДКОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА Аленькин И.А. (аспирант, гр. 93-11).....	16
ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ, ПОКРЫТИЙ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОВЫШАЮЩИХ РЕСУРС ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН Алексеев С.В. (студент, г. СГД ГМиО).....	18
ТЕПЛОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА Алхатиб Ш.М. (аспирант).....	20
ПРИМЕНЕНИЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ Апенькин А.В. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	22
ВЛИЯНИЕ ТОЧКИ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ВЕРТИКАЛИ НА ВОЗНИКАЮЩИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ Байковский Д.И. (аспирант).....	24
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА РУМЫНИИ ПО РАЗВИТИЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ Бахтыяров М.Б. (студент, гр. ЭУ-5/1).....	26
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ Белый И.Д. (студент НР-51).....	28
РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН Бозорова З.Х. (докторант).....	30
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ПОД ХВОСТОВИК Борсук Е.А. (магистрант).....	32
ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОДВИГАТЕЛЯ Бусел А.А. (студентка, гр. ГА-31).....	34

АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УСТАРЕВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОАО «СТАНКОГОМЕЛЬ» Буслов Е.М. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	36
ЗНАЧИМОСТЬ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕФТЯНЫХ ПЛАТФОРМ Василец А.Г. (студент гр. НР-11).....	38
АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАЗГРУЗКИ ПЛАСТИН ПЛАСТИНЧАТОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ Василец Н.А. (студент, гр. ГА-41).....	40
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ МНОГОСТАДИЙНОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА Войтехин О.Л. ( <i>аспирант</i> ).....	42
ОСОБЕННОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ КРУТОНАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ СКВАЖИН Волосов А.В. (студент, гр. НР-31).....	44
ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ Гаврилин В. Г. (студент, гр. ТМ-41)	46
РОБОТ-ПЕРЕВОДЧИК С ШРИФТА БРАЙЛЯ НА ЯЗЫК ЖЕСТОВ Гарбар А.Е., Кардаш В.А.....	48
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО КАМНЯ ПРИ ПОМОЩИ САД/САМ- СИСТЕМ DELSAM Герасенко В.В.(студент гр. ЗТМ-41с).....	50
МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ НЕДР ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Глушаков К.А. (студент, гр. НР-51).....	52
БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ В СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ Горбачёв П.А. (студент, гр. НР-31).....	54
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА УЛЬТРАВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ SAW WIRE НА БЕЛОРУССКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ Гомза Н.Н.( студент гр. ЗТМ 41с).....	56
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ПРОЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ Гулай А.В. (студент, гр. НР-51).....	58
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНТАЖНЫХ КОРПУСОВ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Гурбан О.К. ( <i>аспирант</i> ).....	60
ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ Гуцко А.А. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	62

ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ. Данатарова М., Язлыева С., Курбандурдыев М., Иллиев А.....	64
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СТАРЕНИЯ РАБОЧИХ КАДРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ Данильченко В. А. (студент, гр. ЗТМ-42с).....	66
ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТРУКТУР В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ $TiSi_2$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БТО Демиденко Н.Е.....	68
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ПЕЧЕЙ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВЕ Джумагулыева Л. (студент, гр. МТ- 5).....	70
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ Долгий Б.И. (студент, гр. ТМ-31).....	72
ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РАСКЛИНИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ВЫНОСА ИЗ ТРЕЩИНЫ Дубина Д.А. (магистрант гр. ЗНГИ-11).....	74
ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВ ИЗНОСА РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ Дубинский В.А. (студент, гр. ГА-31).....	76
СИНТЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО Дубовиков Ф.В. (студент, гр. И-11).....	78
ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА И НАНЕСЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСЕВОЙ ИНСТРУМЕНТ Дубоделова П.В. (студент гр.РТ- 31).....	80
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В МАТРИЧНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ЧАСТОТЫ Евреинова М.В. (магистрант, гр. АЭ-21).82	
БУФЕРНЫЕ ЖИДКОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ Евсиков Е.А. (студент, гр. НР-31).....	84
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА Жуковский А.М. (аспирант).....	86
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОЙ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ МАШИН ТИПА ТАНК Зеленковский Д.И. (студент, гр. ГА-11)88	
ПОДДЕРЖАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА Капинский Н.О. (аспирант).....	90

РОЛЬ НАНОГЛИНЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ СМЕСЕЙ ПОЛИАМИДА И МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА Карпенко М.А. (студент гр. ТМ-41).....	92
ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ СТЕКЛОНАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИТОВ НА БАЗЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА Карчевский Ф.А., Корнеев Г.К. (студенты).....	94
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЯ АРМ FEM ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ВАЛА АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ Клевжиц Д.А. (студент, гр. ГА-41).....	95
ВЛИЯНИЕ ТИПОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ РАСКЛИНИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА P&R НА НЕТРАДИЦИОННОМ КОЛЛЕКТОРЕ Климович В.А. (магистрант гр. ЗНГИ-11).....	98
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛИГАНЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ НА ТОКАРНОМ УНИВЕРСАЛЬНОМ СТАНКЕ 16К20 Колесников С.А. (студент гр. ЗТМ-42с).....	100
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНТА Колодич А.В. (студент, ТТ-21).....	102
ГИДРОФОБНО ЭМУЛЬСИОННЫЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ Комарницкий А.А (студент, гр. НР-31).....	104
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ Кравченко К.А. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	106
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО КАВИТАЦИОННОГО ЗАПАСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА KR100-80-160 Кривенков В.В. (студент, гр . ГА-31).....	108
АНАЛИЗ ИЗНОСОВ ДЕТАЛЕЙ АКСИАЛЬНО ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ Кульминский Ю.А. (студент, гр. ГА-41).....	110
ИНТЕГРАЦИЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА 5- ОСЕВОМ СТАНКЕ С ЧПУ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ СТАНКА Курбан В.Е. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	112
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ СМАЗОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ Лавров Р.Р. (студент гр. СГД-ГМиО).....	114
ПРИМЕНЕНИЕ ПРУТКОВЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ ШВЕЙЦАРСКОГО ТИПА С ЧПУ Лапухин А. Е. (студент группы ЗТМ-42с) .....	116

ИНГИБИРУЮЩИЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ Лехнович В.Н. (студент, гр. НР-31).....	118
ВОЗМОЖНОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОККЛЮДЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ Лёвкина А. Д. (магистрант).....	120
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТРАССИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ Лисовский Т. М. (студент, гр. НР-21).....	122
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБСАДНОГО ХВОСТОВИКА Литвинчук А.А. (студент, гр. НР-51).....	124
КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ Литош М.К. (студент, гр. НР-31).....	126
ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В СКВАЖИНАХ. КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ Лобан А.В. (студент, гр. НР-31).....	128
ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Лозко А.В. (студент гр. НР-11).....	130
ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНКОВ СОВЕТСКОГО ПАРКА ЭПОХИ 20 ВЕКА Мазалевский И.А. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	132
МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ Мамрук Р.Е. (студент, гр. НР-31) .....	134
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ С УСТАНОВЛЕННЫМИ ГИБКИМИ ЕМКОСТЯМИ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ Маркавцов А.А. (аспирант).....	136
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ Мартынов П.В. (студент группы ЗТМ-41с).....	138
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ Маслак Е.И. (студент, гр. ИТП-41).....	140
РОБОТИЗИРОВАННАЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНАЯ ПЛАТФОРМА С FRV-КАМЕРОЙ Матрунчик Ю.Н., Стреха С.А.....	142

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОЕМКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ МАТЪЯКУБОВ А. (аспирант).....	144
ВЛИЯНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ МАХАНОВ Д.М. (студент, гр. ТМ-41).....	146
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И СОКРАЩЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК В МАШИНОСТРОЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ SMART GRID МАШКОВ М.М. (студент, гр. ЗТМ-42с).....	148
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА 6 И ПОЛИОЛЕФИНОВ МЕЛЬНИКОВ В.Д., ШКУРАТОВ М.В. (студенты).....	150
ИЗБЫТОЧНЫЕ СВЯЗИ В МЕХАНИЗМАХ МЕЛЬНИКОВ Н.Н. (студент, гр. И-21).....	152
БЕСПИЛОТНИКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ МИРОНОВ И.А. (студент гр. НР-11) .....	154
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОСТИ НА КОНСТРУКЦИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ МОРГУНОВ Н.В, (студент, гр. ГА-31).....	156
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ГИДРОПРИВОДАМ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЗНАЧЕНИЯ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОХАРЕВ (студент, гр. ГА-11).....	158
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ ЕМКОСТНО-РЕЗИСТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ (CRM) С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СКВАЖИН НАФИКОВ Т.А.....	160
В ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ Нигматуллин Р.Р. (Студент гр. НР-11).....	162
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ АРМИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ Невзоров М.В. (аспирант).....	164
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НАСОСА Никитин А.В. (студент, гр. ГА-31).....	167
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Никитин И.Р. (студент, гр. НР-51).....	169
АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПОСЛЕ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ Никитин К.А., Мордус Н.А., Евстратенко М.В. (студенты).....	171
МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА Огнев Д.А.....	173

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ Оразмередов М.А, Оразбердиева Э.М .....	175
ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН, СВЯЗАННЫЕ С БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ ПАНОВ Н.А. (студент, гр. НР-31).....	177
ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА НЕФТИ Писарев В.Ю. (студент, гр. НР-31).....	179
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ Подольский В.А (студент гр. ЗТМ-41с).....	181
АНАЛИЗ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ГАЗО- И НЕФТЕСНАБЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ Поляков Н.Ю.(студент гр. ЗТМ-41с).....	183
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВАЛ» КОНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА КВС-1- 0135000 Рахматулаев А.Р. (студент, гр. И-21).....	185
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОРОШКА В ЗОНУ НАПЛАВКИ ПРИ ЭМН Рогов С. В. (аспирант).....	187
ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Савко Н. А. (студент, гр. ТМ-41)	189
РОЛЬ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИЦИНСКИХ МОДЕЛЕЙ И ПРОТЕЗОВ Савченко А.Ю. (студент ЭС-31).....	191
ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН Сальников В.В. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	193
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ Самусев В.П. (студент, гр. ТМ-41).....	195
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СКВАЖИН ОТ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ Северин Д.Д. (студент гр.НР-21).....	197
АНАЛИЗ АНОДНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Сикорский Д. П. (студент, гр. ТМ-41).....	199
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ Скорыходов А.Н. (студент, гр. ТМ-31).....	201
К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ Смотровенко И.Р. (студент, гр. ЗТМ-42с).....	203
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН Снарская Д.С. (студент, гр. НР-31).....	205

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУТКИ ПРЯЖИ ИЗ ВОЛОКНА АРСЕЛОН НА ЕЁ СВОЙСТВА Содель Р.И. (студент, гр. ЗТМ-41с).....	207
УЧЁТ ОБВОДНЕНИЯ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ МОДИФИКАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДУКТИВНОСТИ Станкевич Д.Н.....	209
КОМПЛЕКСНАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ВИЭ В ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНЕ Султанов М.А. (студент, НВИЭ-5).....	211
ВМ - ТЕХНОЛОГИИ Тячмухаммедова О. Б.....	213
СУСПЕНЗИОННЫЙ ПОЛИАКРИЛАМИД SGR VN-1 В КАЧЕСТВЕ ГЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЖИДКОСТИ РАЗРЫВА Ткачёва В.Д. (студент, гр. НР-21).....	215
ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ БЕЛАРУСИ Триньков Г.А. (студент, гр. НР-51).....	217
АНАЛИЗ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ НА БМЗ Трусов Н.И. (студент гр. ЗТМ-41с).....	219
УМЕНЬШЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В ПРОЦЕССЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ Тэнц П.А. (студент, гр. НР-51).....	221
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОНТАЖНОГО КОРПУСА ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Фоменок М.Н. (аспирант).....	223
КАВИТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКСИАЛЬНО- ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ С ТОРЦЕВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЖИДКОСТИ Хоменок Я.А. (студент, гр. ГА-41).....	225
ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ Шатило К.С., Акунец Е.Г. (студенты, гр. ТМ-41).....	227
БЕСПИЛОТНАЯ ВИБРОПЛИТА: ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ В РОБОТОТЕХНИКЕ Шевардов И.Л. (студент гр.ЗТМ-42с).....	229
АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАЛОЙ ТУРБИНЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАСЛЯНОЙ СТАНЦИИ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА Юй Янян (аспирант).....	231
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Якимчик Т.С. (аспирант).....	233
ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА “POLYSOLT” ПРИ БУРЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛЫННЫ Яночкин В.Н. (студент, гр. НР-31).....	235

APPLICATIONS 3D PRINTING AND INNOVATIONS IN SMART AGRICULTURE <sup>1</sup> Assist. Lect – HIND AYAD MAJEED ALKAKJEA.....	237
MECHANISMS FOR THE PRODUCTION OF ADHESIVE FILMS FROM PLASTIC MATERIALS INCORPORATING MAGNESIUM OXIDE AND BARIUM NANOMATERIALS [MINI REVIEW] AL-Mutery A. ( <i>PhD. student</i> ) .....	239
ОТ КОНЦЕПЦИИ К РЕАЛЬНОСТИ: РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3Д-ПЕЧАТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТЬ ЛЕТ И.И. Суторьма (студент гр. ЗЭТ-21с).....	241
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ MgO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ Эльшербини С.М.Э. (аспирант).....	243
ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАРОВОЙ СТАНЦИИ В ЙЕМЕНСКОМ ГОРОДЕ МОХА Ш.А.С.Н. Аль-Шамери (магистрант гр. МЭТ-11).....	245

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ДАВЛЕНИЕМ НА ГАРЦЕВСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

**Авласенко И.С.** (магистрант гр. ЗНГИ-11)

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

**Актуальность.** Бурение глубоких скважин во многих районах мира сталкивается с рядом трудностей как технического, так и геологического характера. Проявления аномально высоких пластовых давлений (АВПД) или сверх гидростатических пластовых давлений, фиксируется во многих районах мира, в том числе и в подсолевом и межсолевом нефтегазоносных комплексах ряда районов Припятского прогиба [1].

Одним из наиболее эффективных методов проводки глубоких скважин в зонах распространения АВПД является метод, 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** – провести на основе гидравлического моделирования комплексную оценку технологических преимуществ БРД по эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП) на примере скважины 6 Гарцевского месторождения нефти.

**Результаты работы.** При поисково-разведочном бурении в подсолевом и межсолевом нефтегазоносных комплексах целого ряда зон и локальных объектов Припятского прогиба встречены аномально высокие пластовые давления [1, 3] Условия бурения на скважинах с АВПД характеризуются узким допустимым диапазоном статической и циркуляционной плотности бурового раствора («окном бурения»).

В мировой практике одной из наиболее эффективных технологий в схожих условиях узкого окна бурения является бурение с регулируемым давлением (БРД) [2]. Данная технология является дорогостоящей и ее применение экономически оправдано не на каждой скважине. Потому актуальным является вопрос определения целесообразности применения данной технологии.

Комплексная оценка технологических преимуществ системы БРД рассматривается на примере гидравлического моделирования во время основных операций при бурении межсолевых 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. Расходомер Кориолиса 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/см<sup>3</sup> необходимо создать дополнительное противодавление 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.

Технология БРД позволяет компенсировать снижение давления при максимальном поступлении пластового флюида до 9 л/с во время бурения с расходом 20 л/с, и в статических условиях – при замещении бурового раствора пластовым флюидом на высоту до 535 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 межселевых отложений одной секцией диаметром 165,1 мм скважины 6 Гарцевская в условиях АВПД позволяет обеспечить ЭЦП во время всех операций в пределах «окна бурения».

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Порошину Дмитрию Валерьевичу за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. 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. – 2023. – № 3 – С. 67–79.
2. 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.
3. Порошин В.Д. Оценка изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промысловых работ по расслоению продуктивных коллекторов на скважинах Березинского месторождения нефти в Припятском прогибе. // В.Д. Порошин, С.Л. Порошина // Литасфера. – 2022. – №1(36). – С. 102–118.

## ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ

Акунец Е.Г. (студентка, гр. ТМ-41)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухого,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Лазерная обработка материалов является одной из технологий, которые определяют современный уровень производства в промышленно развитых странах [1]. Использование лазерной обработки материалов позволяет обеспечить высокое качество получаемых изделий, заданную производительность, а также экономию материальных ресурсов [2]. К числу технологий, которые наиболее широко применяются в современном производстве можно отнести такие как сварка, термоупрочнение, легирование, наплавка, резка, маркировка, размерная обработка и многие другие.

**Цель работы** – изучить особенности морфологии поверхности стали 45 после лазерной обработки, что позволит разработать полезные рекомендации для получения максимальных параметров износостойкости.

**Анализ полученных результатов.** Лазерной закалке подвергали образцы из стали Ст45. Обработку лазерным импульсом проводили на экспериментальной лазерной технологической установке. Установка является конструкторской разработкой ГГУ имени Ф. Скорины (г. Гомель) [3]. Оптическая схема установки позволяет изменять диаметр пятна лазерного пучка в зоне обработки от 0,1 до  $3 \cdot 10^{-3}$  м. Лазерное излучение в излучателе генерируется в кристаллах АИГ:  $\text{Nd}^{+3}$ . Длина волны излучения 1,064 мкм, максимальное значение средней мощности 400 Вт. Размер активных элементов  $6,3 \times 130 \cdot 10^{-3}$  м. Диаметр лазерного пучка на выходе из резонатора  $6 \cdot 10^{-3}$  м. Топография поверхности изучалась с помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LSH.

На сегодняшний день структурные изменения, происходящие при лазерной закалке стали 45 достаточно хорошо изучены. Как правило, ее исходная равновесная структура состоит из примерно одинакового количества феррита и перлита. В момент импульса лазерного излучения происходит полная фазовая перекристаллизация с образованием аустенита. Но степень его гомогенизации зависит от времени теплового воздействия. Сразу после прекращения лазерного импульса начинается охлаждение нагретого объема. Тепло главным образом отводится вглубь детали. Вследствие высокой теплопроводности металлов и с учетом того, что нагретый объем составляет незначительную часть всего изделия скорость отвода тепла (скорость охлаждения) оказывается выше критической скорости закалки и, таким образом, при лазерном упрочнении не требуется принудительное охлаждение, так как происходит автозакалка.

Использование различных комбинаций технологических параметров дает возможность получения большого разнообразия структур: от пористы до ярко выраженных зон неравномерного оплавления, кристаллических дендритных и с хорошо упорядоченной упаковкой зерен (рис). При кристаллизации из жидкого состояния металлы и сплавы, чаще всего, приобретают дендритную структуру. В условиях быстрого теплоотвода, характерного для охлаждения после лазерного нагрева, образуются столбчатые микрокристаллы, растущие перпендикулярно к границе между расплавленным слоем и оставшейся в твердом состоянии основной массой изделия.

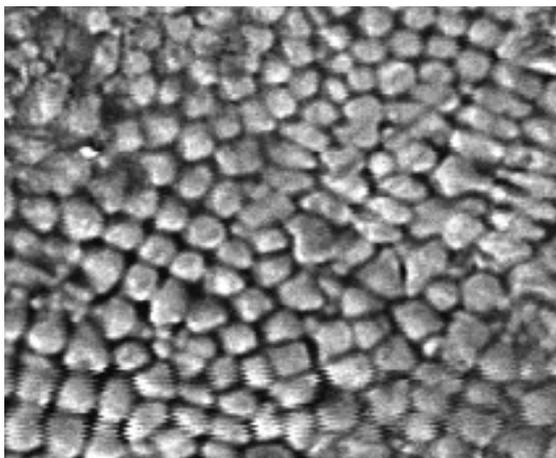


Рисунок 1 – Фотография поверхности образцов после лазерной обработки

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко Ирине Владимировне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

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. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>
2. Сомонов В.В., Цибульский И.А. Эффективность использования волоконных лазеров для лазерной закалки изделий в промышленности// Электрофизические и электрохимические методы обработки – 2014. – №1(79). – С. 9–12.
3. Пат. РФ 34426, МПК7 В 23К 26/00, В 23К 26/02, В 23К 26/03, В 23К 26/067. Установка для лазерной обработки / А.А. Бренько, В.Н. Мышковец, А.В. Максименко, В.И. Рыбин, А.Н. Тучин, С.Н. Юркевич, Е.Г. Прищепов // заявл. 11.06.2003; опубл. 10.12.2003.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДБОРЕ ЖИДКОСТИ ГИДРОРАЗРЫВА

**Аленькин И.А.** (аспирант, гр. 93-11)

*Альметьевский государственный технологический университет –  
Высшая школа нефти, г. Альметьевск, Республика Татарстан, Россия*

**Актуальность.** Выбор жидкости гидроразрыва пласта является важной задачей, поскольку для каждой конкретной скважины с учетом геологического строения породы, глубины скважины и других особенностей оптимальный состав такой жидкости, необходимые реологические свойства могут отличаться [1]. В связи с тем, что объемы технологических операций гидроразрыва пласта с каждым годом стремительно увеличиваются, необходимым является разработка наиболее оптимального способа подбора жидкости гидроразрыва с точки зрения временных затрат, количества вовлеченных специалистов и, что не менее важно, точности проведенных исследований [2]. В работе представлены результаты исследований по разработке модели искусственного интеллекта, позволяющей осуществлять подбор такой жидкости в зависимости от заданных целевых параметров [3]. В результате проведенных исследований было установлено, что применение классических методов машинного обучения, таких как линейная регрессия, деревья решений являются неэффективными. В связи с этим для дальнейших исследований была выбрана методика по синтезу математической модели с помощью более сложных методов, основанных на аддитивной, LASSO и Ridge регрессиях.

**Цель работы** – разработка и оценка применимости модели искусственного интеллекта, позволяющей осуществлять подбор жидкости гидроразрыва с учетом заданных целевых параметров.

### **Анализ полученных результатов.**

Основной проблемой, которая обуславливает недостаточное качество предсказания моделями, основанными на классических методах машинного обучения, судя по всему, является очень ограниченный набор обучающих данных, составляющий на данный момент всего 104 эксперимента, что является недостаточным для качественного обучения моделей ИИ. При этом трудоемкость и длительность проведения одного эксперимента не позволит многократно увеличить объем экспериментальной выборки за короткий срок. В связи с этим необходимо разрабатывать и использовать принципиально новые математические методы для синтеза математических моделей, предсказывающих необходимые параметры. Еще одной проблемой является большое количество контрольных параметров, часть из которых, вероятно, не оказывает значимого влияния на целевую переменную, однако их учет может привести к появлению ложных корреляций и переобучению модели. Для

избежания этого первым шагом при синтезе математической модели должна быть процедура разреживания. Эта процедура анализирует влияние каждой переменной на целевую, после чего оставляет только те переменные, которые оказывают значимое влияние. Данная процедура выполняется с помощью комбинации двух методов, а именно LASSO регрессии и Ridge регрессии.

Таким образом, определяется набор нелинейных функций, при котором ошибка прогнозирования получается минимальной. Суть метода заключается в том, что с помощью него подбирается сложная нелинейная функция, которая будет максимально точно покрывать все экспериментальные точки в гиперпространстве параметров. Данный метод позволяет синтезировать математическую модель даже в условиях сильно ограниченного набора данных, когда классические методы ИИ оказываются неприменимыми. Учитывая сложность и длительность получения большого набора экспериментальных данных, данный метод является наиболее перспективным для разработки моделей.

**Заключение.** В связи с низкой эффективностью моделей на основе классических методов машинного обучения была разработана с целью дальнейшей апробации методика по синтезу математической модели с помощью ряда методов, основанных на аддитивной нелинейной регрессии, LASSO и Ridge регрессиях. Данная методика зарекомендовала себя как эффективный метод при проблемах с объемом данных и большим количестве управляющих параметров.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Насыбуллину Арслану Валерьевичу, доктору технических наук, профессору, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Основы технологии гидравлического разрыва пластов: Учебное пособие / В.Г. Салимов, Ш.Ф. Тахаутдинов, А.В. Насыбуллин, О.В. Салимов. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2021. – 386 с.
2. Кочнев А.А., Козырев Н.Д., Кочнева О.Е., Галкин С.В. Разработка комплексной методики прогноза эффективности геолого-технических мероприятий на основе алгоритмов машинного обучения / Георесурсы. – 2020 – №.22(3). – С. 79–86. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.79-86>.
3. Насыбуллин А.В., Шутов А.А., Антонов О.Г. Повышение эффективности нефтедобычи при оптимизации системы заводнения на основе нейросетевого и гидродинамического моделирования //Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2014. – №. 5. – С. 47-51.

# ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ, ПОКРЫТИЙ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОВЫШАЮЩИХ РЕСУРС ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН

**Алексеев С.В.** (студент, г. СГД ГМиО)

*Филиал Мурманского арктического университета, г. Апатиты, Россия*

**Актуальность:** Повышение надежности и долговечности деталей горных машин является актуальной задачей из-за экстремальных условий эксплуатации оборудования. Использование современных материалов и покрытий, а также оптимизация смазочных материалов позволяет снизить износ и повысить производительность горных машин.

**Цель работы** – провести системные исследования по оптимизации выбора материалов, модификации поверхностей и эффективных смазочных материалов для повышения надежности и долговечности деталей горных машин, работающих в абразивно-агрессивных средах.

Выбор материалов для деталей горных машин определяет надежность и долговечность оборудования в агрессивных условиях. Основные критерии:

Износостойкость (высокой сопротивляемостью к абразивному износу, вызванному воздействием горных пород и других частиц). Коррозионная стойкость (противостоять воздействию влаги и агрессивных химических веществ, содержащихся в горных породах и воде). Прочность (выдерживать высокие механические нагрузки, возникающие при эксплуатации). Твердость (обеспечивает защиту от царапин и повышает износостойкость). Ударная вязкость, что позволяет материалу поглощать энергию удара без разрушения. Теплопроводность (эффективное отведение тепла от зон трения).

## **Основные группы материалов включают:**

Стали, такие как легированные с высоким содержанием углерода и хрома, что обеспечивает высокую прочность и износостойкость. Чугуны, представляющие собой высокопрочные материалы для деталей, подверженных абразивному износу и ударным нагрузкам. Цветные металлы и сплавы, например, алюминиевые сплавы, которые используются для деталей, требующих высокой коррозионной стойкости. Керамические материалы, такие как карбиды и оксиды, обладающие высокой твердостью, но ограниченной ударной вязкостью. Композиционные материалы, которые сочетают в себе различные свойства, такие как высокая прочность и легкость.

## **Современные тенденции включают использование:**

Композитов на основе полимеров, керамики и металлов, что позволяет создавать детали с уникальным сочетанием свойств. Износостойких и коррозионностойких покрытий, например, нитридов титана и карбидов вольфрама, для повышения долговечности. Наноматериалов, где введение наночастиц в материалы увеличивает их прочность и износостойкость. Функциональных градиентных материалов, свойства которых изменяются по толщине, что позволяет оптимизировать характеристики.

### **Примеры применения различных материалов включают:**

Зубья экскаваторов, изготовленные из стали с высоким содержанием хрома и никеля, покрытые карбидом вольфрама для повышения износостойкости. Втулки и вкладыши, сделанные из бронз и полимерных композитов, что обеспечивает коррозионную стойкость и легкость. Подшипники, выполненные из стали с высокими характеристиками усталости и керамических шариков для повышения надежности. Роторы и статоры насосов, изготовленные из коррозионностойких стали и сплавов для долговечности.

**Смазочные материалы также играют важную роль. Ключевые характеристики включают:** Повышенная адгезия, что обеспечивает надежное сцепление с поверхностью деталей и предотвращает вытекание смазки. Термостойкость, позволяющая сохранять свойства в широком диапазоне температур. Защитные свойства, обеспечивающие хорошие противоизносные, противозадирные и антикоррозионные качества.

### **Существует несколько типов специализированных смазок:**

Комплексные смазки, содержащие комбинацию различных присадок для достижения широкого спектра свойств. Смазки с твердыми компонентами, включающие частицы дисульфида молибдена или графита для повышения несущей способности. Жидкие смазки, такие как масла и эмульсии, которые используются для смазывания подвижных соединений и охлаждения. Выбор смазочного материала зависит от множества факторов, таких как тип оборудования, материал деталей, нагрузки и температура эксплуатации.

**Модификация поверхностей деталей горных машин — ключевой способ повышения эксплуатационных характеристик. Основные методы:**

Термическую обработку, что подразумевает нагрев и последующее охлаждение деталей для изменения их структуры и свойств [1]. Нанесение покрытий, создающее защитный слой с заданными характеристиками. Лазерную обработку, изменяющую структуру поверхностного слоя на микронном уровне для повышения прочности [2,3].

**Вывод.** Проведенные исследования показали, что применение комплексного подхода, включающего в себя оптимизацию материалов, модификацию поверхностей и использование специализированных смазочных материалов, позволяет существенно повысить износостойкость деталей горных машин, работающих в экстремальных условиях

### **Литература**

1. Петришин Г.В. Применение самофлюсующихся порошков в процессе магнитно-электрического упрочнения// Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – №4. – С.37–39.
2. 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. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>.

# **ТЕПЛОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА**

**Алхатиб Ш.М.** (аспирант)

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

**Актуальность.** Тепловое извлечение нефти, и в частности, закачка пара, в настоящее время является наиболее успешной технологией для повышения нефтеотдачи при разработке месторождений нефти с высоковязкими нефтями [1]. Поскольку большинство тепловой добычи нефти сегодня осуществляется с использованием пара, генерируемого на поверхности путем сжигания природного газа или других нефтепродуктов, тепловое извлечение оставляет большой экологический след, по сравнению с традиционными методами добычи путем вытеснения нефти водой, в связи с большими выбросами углекислого газа при генерации пара. Кроме того, проблемы, связанные с увеличением добычи нефти с использованием стандартных тепловых методов, обусловлены значительными потерями тепла при транспортировке пара по трубам с поверхности к пласту, высокими расходами пресной воды [2].

Цель работы - рассмотреть возможные решения и меры для уменьшения негативных последствий при внедрении тепловых методов повышения нефтеотдачи, используемых для замены традиционных методов нагрева с целью уменьшения теплопотерь и загрязнения окружающей среды.

## **Анализ полученных результатов.**

Современные технологии извлечения высоковязких нефтей связаны с рядом ограничений, таких как высокие затраты, увеличение выбросов парниковых газов и эксплуатационные сложности. В настоящее время ведутся интенсивные исследования альтернативных методик для преодоления этих проблем.

Одной из новых технологий, которая может быть использована вместе с традиционными тепловыми методами извлечения вязкой нефти или в качестве их замены, является извлечение нефти на основе использования для нагрева пластовой среды электроэнергии.

Методы электрического нагрева можно классифицировать в зависимости от частоты используемого электрического тока на омический или резистивный нагрев, микроволновый нагрев, индукционный нагрев.

Омический нагрев основан на использовании нагревательных элементов, размещаемых в нижней части скважины или внутри продуктивного пласта в непосредственном контакте с породами.

Индукционный нагрев использует специальные установки на поверхности или внутри скважин для генерации высокочастотных волн или магнитного

поля, влияющих на полярные компоненты нефти внутри пород, вызывая вибрацию и движение молекул по направлению к электромагнитному полю.

Микроволновый нагрев зависит от поглощения электромагнитной энергии внутри насыщенных углеводородами пород. Взаимодействие между материалом на атомном уровне влияет на поведение электронов, что приводит к преобразованию микроволновой энергии в тепловую.

Микроволновая энергия и электромагнитные волны являются очень удобными источниками тепла с существенными преимуществами по сравнению с традиционными источниками нагрева. Они не вызывают загрязнения и не производят побочных продуктов сгорания. Более того, эффективное преобразование микроволновой энергии в тепло позволяет достигать высоких скоростей нагрева без воздействия вредных тепловых нагрузок на материал, изменяя его структуру.

Экспериментальные результаты также показали, что ультразвуковые волны обладают способностью разрушать большие и тяжелые молекулы сверхтяжелой нефти, превращая их в более легкие углеводородные соединения.

Все перечисленные подходы способствуют эффективному разогреву пластов с высоковязкой нефтью без загрязнения окружающей среды и больших тепловпотерь в нее.

**Заключение.** Переход от прямого теплового нагрева пластов к нагреву с использованием звуковых и электромагнитных волн или микроволнового излучения является более эффективным, действенным, менее затратным по ресурсам, быстрым и всеобъемлющим с точки зрения воздействия на все части продуктивного пласта, а также менее загрязняющим окружающую среду.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Демяненко Н. А., к.т.н., доценту ГГТУ имени П.О.Сухого, за консультации и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Жданов С.А. Методы повышения нефтеотдачи и интенсификация добычи нефти: взаимосвязь и различие //Бурение и нефть. – 2003. – №. 6. – С. 18-21.

2. Определение основных поисковых критериев и критериев приточности нетрадиционных коллекторов на примере отложений Припятского прогиба/ Повжик П.П., Цыганков А.О., Повжик Г.П., Демяненко Н.А. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2024. – Т.19. – №1. – [https://www.ngtp.ru/rub/2024/4\\_2024.html](https://www.ngtp.ru/rub/2024/4_2024.html) EDN: FADABH

3. Увеличение КИН на истощённых залежах с низким пластовым давлением / Повжик П. П., Сердюков Д.В., Галай М.И., Демяненко Н.А. //Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2018. – №. 6. – С. 64-68.

## ПРИМЕНЕНИЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Апенькин А.В.** (студент, гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** Применения VR/AR-технологий в машиностроении обусловлена возможностью существенного повышения эффективности проектирования, обучения персонала, дистанционного обслуживания и контроля качества, а также снижения производственных рисков и затрат [1].

**Цель данной работы** – провести анализ возможности использования VR/AR-технологий в машиностроении.

### **Анализ полученных результатов**

Виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальности быстро внедряются в машиностроение, революционизируя процессы проектирования, производства, обучения и технического обслуживания. Вот области их применения:

**Проектирование и Разработка:**

**Визуализация и моделирование:** VR позволяет инженерам «погрузиться» в трехмерные модели продуктов и взаимодействовать с ними в масштабе 1:1. Это дает возможность обнаружить ошибки в дизайне, оценить эргономику и проверить сборку еще до физического создания прототипа. AR дополняет реальный мир цифровыми наложениями, позволяя инженерам видеть, как виртуальные компоненты будут выглядеть и взаимодействовать с реальными.

**Коллаборация:** удаленные команды могут одновременно работать над одним проектом в виртуальном пространстве, независимо от географического расположения. Это ускоряет процесс разработки и улучшает коммуникацию.

**Производство:**

**Интерактивные инструкции:** AR-инструкции накладываются на реальное оборудование, предоставляя рабочим пошаговые руководства по сборке, ремонту или техническому обслуживанию. Это минимизирует ошибки, сокращает время обучения и повышает эффективность.

**Управление качеством:** AR-системы позволяют быстро проверять качество производимых деталей, сравнивая их с цифровыми моделями и выявляя отклонения (рисунок 1).

**Робототехника:** VR используется для программирования и обучения промышленных роботов, обеспечивая более точное и эффективное выполнение задач.

**Обучение и Тренировки:**

**Безопасные тренировочные среды:** VR создает безопасную среду для отработки сложных процедур, таких как ремонт оборудования или работа с опасными материалами, без риска для персонала.

Интерактивные учебные пособия: AR-приложения предоставляют интерактивные учебные материалы, которые накладываются на реальные объекты, что способствует более глубокому пониманию и усвоению информации.

**Техническое Обслуживание и Ремонт:**

Дистанционная поддержка: эксперты могут дистанционно оказывать поддержку техническим специалистам на месте, используя AR для наложения инструкций и руководств на реальное оборудование.

Ускоренная диагностика: AR-системы позволяют быстро выявлять неисправности оборудования, предоставляя доступ к технической документации и схемам в режиме реального времени.



Рисунок 1. Пример использования AR технологии

**Заключение.** VR/AR-технологии дают машиностроению значительные преимущества, повышая эффективность проектирования, производства и обучения, снижая затраты и риски [2]. Несмотря на первоначальные инвестиционные затраты, долгосрочная выгода от внедрения этих технологий очевидна и способствует росту производительности и конкурентоспособности отрасли.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. доценту кафедры «Технологии машиностроения», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Невзорова А.Б., Петришин Г.В., Невзоров В.В. Образовательная среда как симбиоз цифровых навыков преподавателей и студентов // Инженерное образование в цифровом обществе: материалы Межд. науч.-метод. конф. В 2 ч. Ч.2 - Минск, БГУИР, 2024. – С.52–53.

2 Зарифжонов Ж. Ф., Прягаев В. М. VR/AR-технологии и их применение в машиностроении //Интеграция науки, образования, общества, производства и экономики. – 2021. – С. 24-28.

## **ВЛИЯНИЕ ТОЧКИ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ВЕРТИКАЛИ НА ВОЗНИКАЮЩИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ**

**Байковский Д.И.** (аспирант)

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

**Актуальность.** Одна из важных проблем при строительстве скважин с протяжённым горизонтальным окончанием – это сила сопротивления движению бурильной колонны на поверхности её контакта со стенкой скважины [1]. Именно эта сила определяет максимально возможную глубину бурения с необходимой осевой нагрузкой при использовании компоновки низа бурильной колонны (КНБК) с винтовым забойным двигателем (ВЗД). На территории Припятского прогиба для трудноизвлекаемых запасов, сосредоточенных в I-III пачке елецко-петриковского возраста в пределах Речицкого месторождения, часть скважин с протяжённым горизонтальным окончанием бурится собственными силами используя КНБК с ВЗД. На определенных объектах используют комбинированное бурение, т.е. часть ствола с использованием КНБК с ВЗД, а проводку горизонтальной секции осуществляют роторно-управляемой системой (РУС) с привлечением стороннего сервиса [2]. Использование ВЗД обусловлено невысокой стоимостью эксплуатации и обслуживания по сравнению с РУС, поэтому с целью увеличения рентабельности разработки трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), является необходимым проектирование такой конфигурации плановой траектории, которая минимизирует осевые потери на трение [3].

**Цель работы** – изучение влияния точки отклонения от вертикали на возникающие силы сопротивления при движении в скважинах с протяжённым горизонтальным окончанием для I-III пачки Речицкого месторождения

### **Анализ полученных результатов.**

Первоочередной задачей проводимого исследования является изменение методологического подхода к проектированию сложных пространственно-искривленных скважин с протяжённым горизонтальным окончанием.

С целью оценки влияния точки отклонения от вертикали на возникающие силы сопротивления, для скважин с протяжёнными горизонтальным окончанием, были проведены инженерные расчеты в специализированном программном обеспечении, сил прижатия и осевого сопротивления при спуске, подъёме и бурении с нагрузкой 120 кН. В заданные координаты, с учётом всех установленных требований и ограничений, проектировалась две траектории, отличающиеся точкой отклонения от вертикали.

Первый вариант – отклонение от вертикали с 400 м до заданного зенитного угла, в надсолевых отложениях.

Второй вариант – отклонение от вертикали с 880 м, по верхнесоленосным отложениям, из-под башмака технической колонны Ø 245 мм.

Компоновка: долото Ø 215,9 мм + ВЗД Ø 172 мм + КЛС + НУБТ Ø 178 мм 2 тр. + ТБТ Ø 127 мм 1 тр. + БТ Ø 127 мм (до устья). Коэффициент трения в открытом стволе принимался 0,35, в колонне 0,25.

В ходе инженерных расчётов определено, что для Речицкого месторождения в условиях бурения скважин на I-III пачку (с учетом требований и ограничений, геологических особенностей, используемых конструкций, отходов на проектную точку, абсолютных отметок и зенитных углов вскрытия), суммарные силы прижатия и как следствие силы сопротивления, в варианте траектории у которой отклонение от вертикали произведено с 400 м меньше на 5-7%, чем с 880 м.

**Заключение.** При использовании КНБК с ВЗД, наиболее раннее отклонение от вертикали, а именно включение набора по надсолевым отложениям, обеспечит оптимальную геометрию ствола скважины, которая позволит снизить потери осевой нагрузки на трение и увеличит глубину ведения необходимой осевой нагрузки на долото с ВЗД.

Таким образом, интеграция данных из различных источников, таких как геологическая информация, данные о свойствах пласта и гидродинамические параметры, позволяет получить более полную картину о скважине и принять более обоснованные решения [4].

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой А.Б. (д.т.н., профессор) за консультацию и помощь при анализе результатов и подготовке данной работы.*

### **Литература.**

1. Взаимодействие колонн труб со стенками скважины / М. М. Александров. – Москва: Недра, 1982. – 144 с;
2. 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;
3. Проектирование энергосберегающих профилей горизонтальных скважин большой протяженности при малых глубинах залегания продуктивных пластов / А.С. Оганов, М.С. Цукренко, Р.С. Райхерт, А.О. Максимов // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2015. – № 6. – С. 24-30;
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.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА РУМЫНИИ ПО РАЗВИТИЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

**Бахтыяров М.Б.** (студент, гр. ЭУ-5/1)

*Государственный энергетический институт Туркменистана,  
г. Мары, Туркменистан.*

**Актуальность.** В последние десятилетия вопрос перехода к возобновляемым источникам энергии стал все более актуальным для многих стран мира. Одним из самых перспективных направлений является солнечная энергетика, которая может стать важным компонентом энергетической стратегии, особенно в странах с высоким уровнем солнечной активности, таких как Туркменистан [1]. В этом плане следует обратить внимание на опыт Румынии, которая, несмотря на свои географические особенности, активно развивает солнечную энергетику и может послужить примером для Туркменистана в процессе внедрения и расширения этой отрасли.

**Цель работы.** Солнечная энергетика становится важным элементом глобальной энергетической политики, направленной на снижение зависимости от ископаемых источников энергии, сокращение выбросов углерода и достижение устойчивого развития. Туркменистан имеет значительный потенциал для использования солнечной энергии из-за своего климата, большого количества солнечных дней в году и высокого уровня солнечной радиации. Страна нуждается в глубокой модернизации инфраструктуры, повышении квалификации специалистов для эффективного использования солнечной энергии. В последние десятилетия страна добилась значительных успехов в увеличении доли солнечной энергии в своем энергобалансе. Ключевые факторы успеха Румынии в этой области:

- **Правительственная поддержка и инвестиционные стимулы:** Румыния создала благоприятные условия для инвесторов в солнечную энергетику, такие как налоговые льготы, субсидии и гарантированные цены на солнечную электроэнергию.

- **Технологические инновации и сотрудничество с международными компаниями:** Румыния активно сотрудничает с международными технологическими компаниями, которые позволяют использовать передовые технологии и оборудование для солнечных электростанций.

- **Проектирование и строительство крупных солнечных электростанций:** Крупнейшей солнечной электростанцией в Румынии является солнечный парк “**Călărași Solar Park**” мощностью более 50 МВт, важный элемент национальной энергетической инфраструктуры.

- **Образование и обучение:** Важным компонентом успеха является подготовка квалифицированных специалистов в области солнечной энергетики. Румыния уделяет большое внимание образовательным программам и подготовке инженеров и технических специалистов, которые способствуют развитию навыков в этой области.

**Анализ полученных результатов.** Туркменистан может извлечь большую выгоду из опыта Румынии по развитию солнечной энергетики. Некоторые важные области, которые могут принести пользу Туркменистану:

- **Государственная поддержка:** может быть введена система субсидий, налоговых льгот и поддержки частных инвесторов для стимулирования развития солнечной энергетики в Туркменистане. Пример Румынии демонстрирует важность создания привлекательных условий для частного капитала в этой сфере.

- **Международное сотрудничество и технологии:** Туркменистан может укреплять сотрудничество с ведущими мировыми компаниями, специализирующимися на солнечных технологиях, для внедрения передовых решений в области строительства и эксплуатации солнечных электростанций.

- **Образование и подготовка специалистов:** Важно разработать образовательные программы по возобновляемым источникам энергии и обеспечить подготовку инженеров, которые смогут эффективно работать с солнечными технологиями.

- **Инфраструктурные проекты:** Туркменистан может разработать проекты строительства крупных солнечных электростанций в различных регионах страны, а также установки солнечных батарей на жилых и коммерческих зданиях, что позволит значительно увеличить долю солнечной энергетики в общем энергобалансе.

**Заключение.** Использование опыта Румынии в развитии солнечной энергетики может стать для Туркменистана важным шагом в реализации стратегии диверсификации источников энергии и повышения стабильности энергосистемы [2]. Внедрение современных технологий, создание благоприятных условий для инвесторов и подготовка специалистов в области солнечной энергетики позволят Туркменистану не только эффективно использовать природные ресурсы, но и существенно повысить энергетическую безопасность и устойчивость своей экономики. В перспективе развитие солнечной энергетики может сыграть важную роль в укреплении экологической безопасности страны и снижении зависимости от ископаемых источников энергии.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю Гелдиева Г.Х. за консультацию и помощь при подготовке данной работы.*

### **Литература**

1. Джумаев, А. Я. Возможности использования солнечной энергии в регионах Туркменистана / А. Я. Джумаев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 3/4. – С. 74–80.

2. Пенджиев А. М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Туркменистане //Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – №. 8. – С. 91–02.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

**Белый И.Д.** (студент НР-51)

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель*

**Актуальность.** Эксплуатация неоднородных коллекторов в нефтегазоразработке представляет собой одну из наиболее актуальных задач, с которой сталкиваются компании в данной отрасли. Неоднородные коллекторы характеризуются неравномерным распределением нефти и газа, различной проницаемостью и пористостью различных участков пласта. Это усложняет процесс добычи и требует особых подходов к их эксплуатации [1].

**Цель.** Цель работы по изучению и эксплуатации неоднородных коллекторов заключается в оптимизации процессов добычи нефти и газа, увеличении эффективности и снижении затрат.

**Анализ полученных данных.** Исследование показало, что неоднородные коллекторы имеют некоторые особенности в эксплуатации в нефтегазоразработке. В частности, такие коллекторы могут иметь неоднородную проницаемость и пористость, что может привести к неравномерному распределению дебитов и неоднородному закачиванию/добыче жидкости или газа [2-4].

Исследование подчеркивает важность проведения детальных гидродинамических и геологических исследований для учета этих особенностей при проектировании и эксплуатации месторождений, содержащих неоднородные коллекторы. Также важно принимать во внимание результаты мониторинга и оценки работающих скважин для решения проблем, связанных с неоднородными коллекторами.

Неоднородные коллекторы, в отличие от однородных, имеют различные характеристики и свойства в зависимости от их состава и структуры. Это означает, что их эксплуатация требует особого внимания и определенных специфических действий:

1. Необходимо проводить регулярные инспекции и контроль состояния коллекторов. Из-за неоднородности материала они могут подвергаться деформации, коррозии, утрате прочности и другим повреждениям, которые могут привести к ухудшению работы системы.

2. Важно правильно подбирать методы и средства обслуживания и ремонта коллекторов. Например, для очистки и ремонта различных типов коллекторов могут требоваться разные инструменты и оборудование.

3. Следует обращать внимание на особенности теплообмена и гидравлических процессов в неоднородных коллекторах. Неравномерное распределение тепла или давления в системе может привести к неэффективной работе и повышенному износу оборудования.

4. Неоднородные коллекторы требуют более тщательного подхода к проектированию и монтажу. Важно учитывать особенности материалов и конструкции коллекторов для обеспечения их долговечности и надежности.

Таким образом, эксплуатация неоднородных коллекторов требует комплексного подхода и специализированных знаний для обеспечения их эффективной работы и длительного срока службы.

Изучение фильтрационных свойств коллекторов имеет большое значение для построения петрофизических моделей обеспечивающих решение широкого спектра задач: от интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС) до обеспечения проектов разработки месторождений и подсчета запасов.

Весь фонд скважин, как правило, охватывается лишь геофизическими методами исследования, по которым определяются емкостные и фильтрационные характеристики коллекторов, используя петрофизические корреляционные связи между ними. Однако теснота этих связей, например, между пористостью и проницаемостью нередко весьма слабая. Между тем, точность определения фильтрационных свойств пластов, особенно послойно неоднородных коллекторов, имеет важное значение для практики интерпретации результатов геофизических исследований скважин, обоснования систем разработки, подсчета запасов, разработки мероприятий по повышению нефтеотдачи пластов и т.д.

**Заключение.** Неоднородные коллекторы представляют определенные вызовы и требуют более внимательного подхода к их эксплуатации, однако при правильной стратегии и использовании современных технологий они могут быть успешно использованы для добычи углеводородов.

### **Литература**

1. Демяненко Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2021. – 288 с.
2. Юлдашев, Т. Р. Изменения коллекторских свойств неоднородных пород / Т. Р. Юлдашев // Молодой учёный. – 2018. – № 16 (202). – С. 84-87.
3. Никонов, А. И. Роль геодинамических процессов в формировании анизотропии физических свойств пород локальных поднятий / А. И. Никонов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – Москва, 2006. – № 12. – С. 45–53.
4. Авчан, Г. М. Физические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах / Г. М. Авчан. – Москва : Недра, 1972. – 198 с.
5. Ракутько А. Г. Буракова, Л. П., Лукьяненко, Н. Д., Потылкин, Н. А. . Нефти месторождений Республики Беларусь // Нефтяное хозяйство. – 2005. – №. 12. – С. 68–69.

## РЕШЕНИЯ ДЛЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

**Бозорова З.Х.** (докторант)

*Ташкентский государственный технический университет  
имени Ислама Каримова, докторант, г.Ташкент, Республика Узбекистан*

**Актуальность.** В процессе бурения нефтяных и газовых скважин в Узбекистане применяются различные технологии и методы, каждый из которых может сталкиваться с определенными трудностями. Одной из главных проблем при бурении является необходимость очистки бурового раствора, и эта задача успешно решается с помощью циркуляционных систем [1]. Циркуляционная система является ключевым элементом в процессе работы с буровым раствором на буровой установке, выполняя несколько важных функций: 1) подготовка бурового раствора; 2) транспортировка раствора от устья скважины к резервуарам для сбора; 3) фильтрация раствора от загрязнений, включая выбуренную породу, и его дегазация; 4) химическая обработка бурового раствора с целью улучшения его характеристик; 5) подача раствора к буровым насосам и дозирующим ёмкостям; 6) создание оптимальных условий для хранения раствора.

**Цель работы** - Как выбрать оптимальный тип циркуляционной системы?

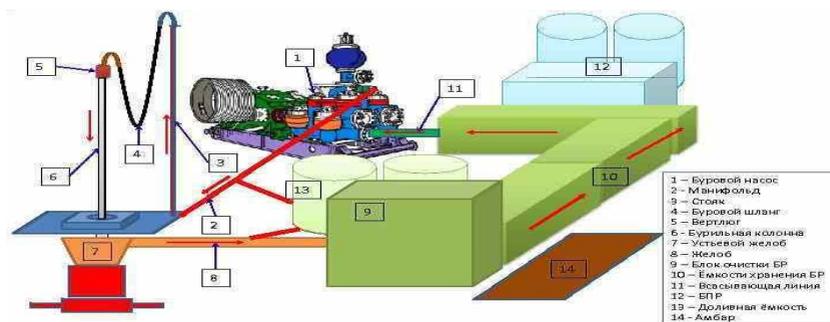
Выбор системы зависит от ряда факторов, включая характеристики горных пород, глубину скважины, режим бурения и параметры бурового раствора. А также как обеспечить эффективную циркуляцию бурового раствора? Для повышения эффективности циркуляции применяются специальные буровые растворы, которые не только способствуют выносу шлама, но и помогают очищать раствор от твердых частиц выбуренной системе.

**Анализ полученных результатов.** В условиях Узбекистана необходимо разработать систему очистки замкнутого типа, принять меры для минимизации испарения и внедрить новейшие технологии для повышения эффективности процесса. Возгорание бурового раствора во многом зависит от концентрации водорода в растворе.

Показатель водорода, часто обсуждаемый в контексте буровых растворов, относится к характеристикам, связанным с водородом, особенно к уровню рН раствора.

**Заключение.** Подводя итог, можно отметить, что в процессе проектирования необходимо тщательно определить местоположение, функции и пригодность машин и механизмов, задействованных в процессах очистки буровых растворов. Важно внедрить системы, которые будут контролировать параметры бурового раствора (реологию, плотность и другие характеристики), а также автоматически регулировать его состав в зависимости от уровня смешивания твердых частиц. Для обеспечения эффективного бурения и минимизации проблем, связанных с присутствием

твердых частиц в буровых растворах, важно инвестировать в современные машины, механизмы и технологии, такие как автоматизация процессов бурения. Системы дистанционного мониторинга и анализа данных помогут оперативно реагировать на возникающие проблемы, что способствует улучшению эффективности бурения и снижению затрат.



**Рисунок 1. Циркуляционная система**

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность моему научному руководителю д.т.н. профессор Муртазаев Абдужаббор Мустафаевичу за то, что он потратил 15 дней на изучение решения проблем, возникающих в машинах и механизмах бурения нефтяных и газовых скважин, и провел меня на месторождении Зеварда для этих процессов и тесно помог в анализ этих процессов. И также и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Басарьгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Заканчивание скважин. – М.: Недра 2000. – 250 с.

2. Алиев Б.А., Муртазаев А.М., Мукольянц А.А., Сотникова И.В. Управление проектом строительства скважин как потенциал энергосбережения //Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции (24-25 сентября 2015 года), в 3-х томах, Том 3, Юго-Зап. Гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», Курск, 2014. – С. 37-41.

3. Муртазаев А.М., Хайдаров И., Едгаров Н. Разработка и внедрение в практику новых экологически безопасных рецептур буровых растворов// Технологии нефти и газа. 2019. – №5 (124) – С. 42–47.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ РОТОРНО-УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ПОД ХВОСТОВИК**

**Борсук Е.А.** (магистрант)

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

**Актуальность.** В связи с развитием наклонно-направленного бурения как основного метода сооружения скважин, существует необходимость поиска более эффективных методов и технологий бурения [1]. Роторно-управляемые системы (РУС) – более современная и технологическая альтернатива способу наклонно-направленного бурения с помощью винтового забойного двигателя [2]. Преимущества роторно-управляемой системы - непрерывность вращения всей бурильной колонны и изменение траектории без задержки, уменьшение времени бурения скважины, отсутствие подъема долота, сокращение времени на промывку скважины, работа со сложными трехмерными профилями, работа в сложных геологических условиях [3]. В связи с данным тезисом становится актуальным внедрение и применение технологий роторно-управляемых систем на месторождениях нефти в Республике Беларусь.

**Цель работы** – провести классификацию роторно-управляемых систем на основе анализа данных по рынку и работе для выбора оптимального вида для бурения под хвостовик.

**Результаты работы.** Анализ полученных данных позволило провести ранжирование перечня роторно-управляемых систем для различных геолого-технологических условий с выделением следующих аспектов:

Применение РУС снижает риски дифференциальных прихватов, ускоряет постановку обсадных колонн, хвостовиков благодаря цилиндрическому, практически без уступов стволу скважины.

Принцип действия РУС позволяет выделить 3 их вида.

РУС с отклонением долота (push the bit);

РУС с изменением направления долота (point the bit);

Гибридные РУС (point+push).

Управление работой РУС заключается в передаче сигнала оператором с поверхности через буровой раствор или посредством электромагнитного излучения до забойной компоновки, затем благодаря электронному блоку и системе преобразования сигнала информация передается на поверхность в блок приемки и усиления сигнала, далее на компьютер и прибор для визуального контроля процесса бурения.

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

При применении сравнительного анализа роторно-управляемых систем для бурения под хвостовик с присвоением суммарного коэффициента,

составляющего не более единицы, получен ранжированный перечень роторно-управляемых систем для бурения под хвостовик.

Таблица

Характеристики	«Power Drive Archer 475»	«Revolution 675» компании «Weatherford»	PowerDrive X6 475» компании «Schlumberger»	«Wellguide RSS» компании «Gyrodата»	«DART» компании «Андергейдж»	«Suresteer» компании «APS technology»
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

«PowerDrive Archer 475» компании «Schlumberger» - наиболее универсальная роторно-управляемая система для бурения под хвостовик. Ни одна из вышеуказанных роторно-управляемых систем не применена на отечественных месторождениях в связи с недостаточной изученностью на территории Беларуси.

**Заключение.** Исходя из параметров роторно-управляемых систем, необходимо провести более детальное исследование для применения данных видов РУС на месторождениях нефти Припятского прогиба.

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

#### **Литература.**

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. – 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.

## ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОДВИГАТЕЛЯ

**Бусел А.А. (студентка, гр. ГА-31)**

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

**Актуальность.** Размеры управляющего и распределительного элементов гидравлического усилителя оказывают существенное влияние на его выходные параметры. Из-за высоких коэффициентов усиления и порой очень малых значений мощности входного воздействия, неверное назначение допусков на основные элементы гидроусилителей может существенно ухудшить стабильность работы системы. Поэтому задача назначения допусков на основные элементы гидроусилителя в зависимости от возможных колебаний выходных параметров является актуальной.

**Цель работы** выполнить анализ точности выходных параметров гидропривода в зависимости от технологических допусков на элементы второго каскада гидравлического усилителя.

**Анализ полученных результатов.** В работе рассмотрены основные виды гидравлических усилителей. Применяемые в автоматизированных гидроприводах гидроусилители различаются: по методу управления - гидроусилители без обратной связи и с обратной связью, по конструкции управляющего элемента - с дросселирующими гидрораспределителями золотникового типа, с соплом и заслонкой, со струйной трубкой, крановые и с игольчатым дросселем, по числу каскадов усиления одно-, двух- и многокаскадные и др. [1, 2]

Выполнен анализ требований к выходным параметрам следящего гидропривода которые во многом определяются жесткими техническими условиями на геометрическую точность, качество поверхности и физико-механические свойства рабочих поверхностей деталей золотниковых распределителей, постоянных и переменных дросселирующих элементов.

Применительно к основным деталям цилиндрических золотниковых распределителей технические требования в общем можно свести к следующим: диаметральный зазор для высокоточных золотниковых распределителей должен составлять 0,005–0,009, 0,007–0,010, 0,009–0,015 мм при допуске на зазор 0,003–0,005 мм; сопрягаемые рабочие поверхности гильзы и золотника изготавливают с отклонением от цилиндричности не более 0,001–0,002 мм, при этом золотник должен перемещаться свободно; перекрытие в высокочувствительных распределителях составляет 0,01 – 0,02

мм, 0–0,03 мм, 0,01–0,04 мм; точность изготовления прямоугольных проходных щелей в гильзах - 0,03–0,04 мм; чистота обработки рабочих поверхностей гильзы и золотника должна быть Ra 0,16...0,08.

В системах автоматического управления, в которых применяются двухкаскадные гидроусилители с цилиндрическими золотниковыми распределителями, основным параметром является скорость движения поршня исполнительного механизма.

Пределы изменения этой скорости при приложении нагрузки и без приложения нагрузки (холостой ход) обычно всегда задаются с учетом технических требований к управляемому элементу. Основным выходным параметром подобного гидроусилителя является расход рабочей жидкости при полном открытии проходных щелей золотникового устройства.

Работами Н. Г. Бруевича, Н. А. Бородачева и др. установлено, что если между выходными параметрами какого-либо сборочного узла  $y$  и его размерами или другими характеристиками имеется определенная аналитическая зависимость вида и она дифференцируется до  $n$ -го порядка для всех значений переменных величин.

В ходе анализа получены технологические допуски на элементы второго каскада гидравлического усилителя в зависимости от допусков на выходные параметры гидропривода.

**Заключение.** В результате выполнения данной работы выполнен анализ и методика расчета технологических допусков на элементы второго каскада гидравлического усилителя в зависимости от допусков на выходные параметры гидропривода.

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

### **Литература**

1. Кульгейко, Г.С. Значение функциональной точности элементов поршневой пары аксиальных роторно-поршневых машин/ Г.С. Кульгейко, М.П. Кульгейко// Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2018. – №2(73). – С.7-13.
2. Шагинян А.С., Болотский В.В. Электрогидравлические усилители: Монографи. – Гомель: ГГТУ П.О. Сухого», 2001. – 105 с.
3. Гинзбург, А.А. Направления повышения энергетической эффективности гидравлических LS-систем с клапанной адаптацией к нагрузке / А. А. Гинзбург, Ю. А. Андреев // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-ой междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. – С. 75 – 83.

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УСТАРЕВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОАО «СТАНКОГОМЕЛЬ»**

**Буслов Е.М. (студент, гр. ЗТМ-41с)**

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

**Актуальность.** В настоящий момент для любого машиностроительного предприятия устаревание оборудования приводит не только к экономическим убыткам и снижению конкурентоспособности из-за снижения производительности, но и к необходимости регулярного ремонта и обслуживания, что всегда чревато увеличением затрат и возникновением простоев [1]. Введение в парк передового оборудования способно улучшить качество продукции и укрепить позиции предприятия на рынке.

**Цель работы.** Цель данной работы – проанализировать способы решения проблемы устаревания оборудования, имеющегося на вооружении предприятия ОАО «СтанкоГомель».

**Анализ полученных результатов.** Объектом исследования является станкостроительное предприятие ОАО «СтанкоГомель», применяющее механическую обработку материалов, где точность и производительность станков играют ключевую роль. Парк используемого на предприятии оборудования включает в себя широкий спектр станков, большая часть которых собственного производства. Как и любое машиностроительное предприятие, оно сталкивается с проблемой устаревания производственного оборудования.

На фоне назревания этой проблемы, возникновения необходимости оптимизации производства деталей сложной конфигурации, а также в целях повышения производительности руководством предприятия было принято решение приобретения передовых расточных и токарных обрабатывающих центров, а также станка газоплазменной резки с ЧПУ.

Токарные обрабатывающие центры обеспечивают высокоточную механическую обработку тел вращения и деталей сложной конфигурации с возможностью перехвата заготовки в контршпиндель. Любой станок имеет в своей конструкции защитные кожухи. А обрабатывающие центры, которые составляют около 40% объема производимых станков, содержат в себе тонкостенные элементы в кратно большем количестве в сравнении с универсальным оборудованием. Приобретение газоплазменного станка с ЧПУ обеспечило предприятие возможностью эффективной обработки категории листовых деталей со сложным контуром, уменьшило общую себестоимость операций на производство единицы детали и повысило производительность [2].

Проблема устаревания выступила в роли катализатора возникновения практики аутсорсинга. Привлечение сторонних специалистов для выполнения определённых функций, таких как ремонт и модернизация

оборудования, позволяет сократить затраты на содержание штата технических специалистов и воспользоваться знаниями и технологиями, которые отсутствуют на предприятии. Тем не менее, данный метод также имеет свои недостатки: зависимость от сторонних поставщиков услуг, возможные задержки

До внедрения вышеупомянутых путей решения большинство предприятие решало проблему устаревания оборудования за счёт регулярного ремонта и модернизации существующих станков. Для этого изготавливались или заказывались необходимые детали, что позволяло продлить срок эксплуатации оборудования без серьёзных финансовых затрат. Этот метод, однако, не устранил основной проблемы – по мере устаревания технологий оборудование становилось менее эффективным, даже после проведения модернизации.

Аутсорсинг, в свою очередь, позволил более оперативно решать возникающие технические вопросы, снижая нагрузку на основной штат сотрудников и повышая эффективность ремонта и обслуживания. В процессе апробации новых методов было отмечено, что внедрение передового оборудования привело к синергетическому эффекту. Помимо устранения проблемы устаревания, предприятие смогло существенно улучшить качество выпускаемой продукции, сократить время простоев оборудования, повысить производительность, снизить временные затраты на производство и оптимизировать эффективность обработки отдельных категорий деталей.

Внедрение аутсорсинга также показало хорошие результаты: поддержка сторонних специалистов позволила оперативно устранять неисправности и внедрять передовые технологии обслуживания оборудования, что косвенно оказало положительное влияние на решение проблемы.

**Заключение.** Таким образом устранению проблемы устаревания оборудования в значительной степени способствовало приобретение передовых станков и использование аутсорсинга.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Сотскому Александру Александровичу, главному технологу отдела главного технолога ОАО «СтанкоГомель», за оказанную помощь при проведении анализа.*

### **Литература**

1. Гинзбург, А. А. Направления повышения энергетической эффективности гидравлических LS-систем с клапанной адаптацией к нагрузке / А. А. Гинзбург, Ю. А. Андреев // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-ой междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. - С. 75 - 83.

2. Петришин Г.В. Особенности изнашивания магнитно-электрических покрытий из самофлюсующихся порошков в различных условиях эксплуатации // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия В. Прикладные науки. Материаловедение. - 2006. № 12. С.107-112.

## ЗНАЧИМОСТЬ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕФТЯНЫХ ПЛАТФОРМ

**Василец А.Г.** (студент гр. НР-11)

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

**Актуальность.** С увеличением потребности в нефтепродуктах актуальным становится строительство нефтяных платформ в районе морских нефтяных месторождений. Однако из-за своей дороговизны, трудоёмкости проектирования, бурения и обслуживания – они считаются сложными инженерными сооружениями, поэтому в данной сфере высоко ценится качество сооружения не только от применяемых материалов, но и от правильности проектирования. Инженерная графика позволяет визуализировать конструкции, провести необходимые расчёты, обеспечив высокую степень точности проектирования [1,2].

**Цель** - рассмотреть основные аспекты применения инженерной графики при проектировании нефтяных платформ.

**Были поставлены следующие задачи:** 1) проанализировать ключевые этапы проектирования нефтяных платформ, а также инструменты инженерной графики их реализации; 2) провести сравнительный анализ особенностей графических документаций при проектировании буровых вышек и нефтяных платформ; 3) модульные технологии при проектировании нефтяных платформ.

Процесс проектирования нефтяных платформ включает несколько ключевых этапов: 1) исследование месторождения: анализ геологических данных, определение характеристик месторождения; 2) разработка концепции: создание базового дизайна платформы с учётом условий эксплуатации; 3) проведение инженерных расчётов: оценка нагрузок, устойчивости конструкции, проектирование систем безопасности; 4) создание чертежей: использование инженерной графики для детального отображения всех элементов конструкции.

Проектирование буровых вышек и нефтяных платформ требует создания графической документации, которая играет ключевую роль в визуализации и реализации проектов. Буровые вышки ориентированы на мобильность и простоту установки, поэтому их графические документы включают четкие чертежи конструкции, планы размещения оборудования и меры безопасности. Эти документы должны быть понятными и легкими для восприятия, чтобы обеспечить быструю сборку на различных площадках.

В отличие от этого, нефтяные платформы требуют более комплексного подхода к проектированию. Графическая документация для платформ включает детализированные чертежи, показывающие различные уровни и секции, а также схемы инженерных сетей и 3D-модели. Это необходимо для учета множества факторов, таких как системы жизнеобеспечения и

интеграция с морской инфраструктурой, что делает проектирование более сложным процессом.

Несмотря на общие принципы проектирования, каждая категория объектов имеет свои уникальные требования. Буровые вышки акцентируют внимание на соблюдении стандартов безопасности при бурении, в то время как нефтяные платформы должны соответствовать строгим экологическим нормам. Таким образом, понимание особенностей графической документации для каждого типа объекта помогает создавать более эффективные и безопасные конструкции в нефтегазовой отрасли.

Модульные технологии в проектировании нефтяных платформ представляют собой современный подход, который повышает эффективность строительства и эксплуатации. Включая разработку и изготовление отдельных функциональных блоков на заводах, этот метод сокращает время строительства и упрощает логистику. Инженерная графика играет ключевую роль в этом процессе, позволяя точно визуализировать и проектировать модули, что способствует высокому качеству сборки и снижению дефектов. Гибкость модульного проектирования позволяет легко адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка и минимизировать экологическое воздействие, что делает его необходимым для успешной работы в нефтегазовой отрасли [3].

**Заключение.** Инженерная графика играет важную роль в этом процессе, обеспечивая визуализацию и точность проектирования. В условиях растущих требований к эффективности и безопасности добычи углеводородов, дальнейшее развитие инженерной графики и её интеграция в процесс проектирования остаются актуальными задачами.

**Благодарность.** *Хочу выразить особую благодарность моему научному руководителю – Захаренко Галине Николаевне за поддержку и помощь в написании данной работы.*

### **Литература**

1. Шимановский А.О., Путято А. В. Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD //Вестник Уральского государственного технического университета-УПИ. – 2005. – №. 11. – С. 103–110.

2. Мурашко О. П., Лапко О. А. Некоторые психологические основы усвоения начертательной геометрии и их реализация в обучающих и контролирующих программах //Вестник современных исследований. – 2019. – №. 2.11. – С. 42-43.

3. Путято А.В., Коновалов Е.Н. Расчетно-экспериментальная методика оценки остаточного ресурса металлоконструкции вагона дизель-электростанции после длительной эксплуатации // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. - Вып. 8. - Гомель: БелГУТ, 2014. - С. 173-178.

# АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАЗГРУЗКИ ПЛАСТИН ПЛАСТИНЧАТОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Василец Н.А. (студент, гр. ГА-41)

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

**Актуальность.** Благодаря малым габаритным размерам, удобству встраивания и высокому КПД пластинчатые гидромашинны широко применяют в гидроприводах станков и других машин. Насосы такого типа используются при давлениях 10-12 МПа. Ограниченность давления обусловлена контактными нагрузками между пластинами и статором. Разгрузка пластин пластинчатого насоса высокого давления - актуальная задача для обеспечения надежной работы устройства и предотвращения его повреждений, решаемая на этапе проектирования конструкции. Правильные методы разгрузки предотвращают избыточное давление и механические повреждения, что способствует увеличению срока службы оборудования и снижению энергии потребления [1].

**Цель работы** произвести анализ способов разгрузки пластин пластинчатого насоса высокого давления и выбрать наиболее рациональный для проектируемого пластинчатого насоса типа PVV-1X/018.

Существуют несколько способов разгрузки пластин контактных нагрузок при работе насосов:

1) Использование регулирующего клапана для снижения давления в системе, который открывается автоматически при достижении определенного уровня давления, что позволяет разгрузить пластины и предотвратить их повреждение [2].

2) Регулирование потока. Метод позволяет оптимизировать производительность насоса и улучшить его устойчивость при изменяющихся условиях работы. В этом случае разгрузка насоса осуществляется путем изменения объема потока жидкости, которая поступает в систему.

3) Параллельное отключение секций является одной из эффективных методик разгрузки пластинчатого насоса высокого давления. Этот метод позволяет изменять рабочие параметры насоса в зависимости от требований системы, обеспечивая более равномерное распределение нагрузки и предотвращая перегрев и перегрузку оборудования. Пластинчатые насосы могут состоять из нескольких секций, каждая из которых может быть отключена или включена в работу независимо.

4) Использование переменной скорости — это один из наиболее эффективных способов управления работой пластинчатого насоса высокого давления. Этот метод позволяет адаптировать производительность насоса под изменяющиеся условия эксплуатации, обеспечивая оптимальные параметры работы.

5) Система обратной связи в управлении пластинчатым насосом высокого давления позволяет улучшить эффективность работы устройства и повысить его надежность. Данный подход позволяет автоматически регулировать параметры насосной системы в зависимости от изменений в условиях эксплуатации.

6) Использование двойных пластин. Данный метод разгрузки выбирается при проектировании конструкции пластинчатого насоса и заключается в установке в пазах ротора сдвоенных пластин с образованием полости, заполненной жидкостью (рисунок 1). Данная полость обеспечивает гидростатическую разгрузку пластин и, одновременно, сохранение смазывающего слоя в месте контакта, предотвращая сухое трение при больших давлениях.

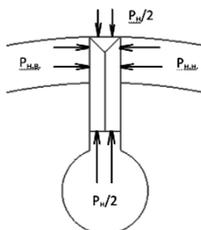


Рис.1 – Применение двойных пластин для гидростатической разгрузки

**Заключение.** Рассмотренные методы могут быть использованы как по отдельности, так и в комбинации для достижения наилучших результатов в разгрузке пластинчатого насоса высокого давления. Однако при проектировании конструкции и определении геометрии основных деталей наиболее рациональным и простым способом разгрузки является установка сдвоенных пластин.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевце Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Гинзбург А.А., Пинчук В.В. Критерии выбора параметров исполнительных органов гидроприводов с адаптацией к нагрузке. / А.А.Гинзбург, В.В.Пинчук // Вестник ГГТУ имени П.О.Сухого. – 2007. – № 3 (30). – С. 38-44.
2. Михневич А.В., Андреевце Ю.А. О величине зазора в распределительном узле аксиально-поршневых гидромашин// Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов Межд. науч.-техн.конф. (научные чтения, посвящ. ПО Сухому), Гомель, 4-6 июля 2002 года/под общ. ред. СБ Сарело.-Гомель: ГГТУ, 2002.- С. 94-95.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ МНОГОСТАДИЙНОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

**Войтехин О.Л.** (*аспирант*)

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

**Актуальность.** На текущем этапе освоения отечественных трудноизвлекаемых запасов нефти (ТриЗ) наблюдается рост темпов бурения горизонтальных скважин и производства работ по технологии кластерного Plug&Perf МГРП (РР МГРП). Одновременно с наращиванием темпов разработки ТриЗ наблюдается ухудшение геологотехнических условий проведения работ и рост сопутствующих технологических рисков. Одним из основных факторов риска, влияющего на технологическую успешность работ, является неудовлетворительная связь с пластом после проведения вторичного вскрытия скважины. За 2024 год, по сравнению с предшествующим периодом, участились случаи пропуска отдельных интервалов освоения скважин, производства дополнительных технологических операций для восстановления связи с пластом, а также выполнения стадий ГРП в неполном объеме, в.т.ч. по причине получения технологических осложнений. Данные факторы негативно сказываются на рентабельности процесса освоения ТриЗ и ставят перед отечественными недропользователями актуальную задачу по снижению технологических рисков и материальных затрат при сохранении конвейерного подхода к процессу разработки ТриЗ.

**Цель работы** – на основании статистических данных производства работ по РР МГРП определить влияние величины динамических потерь давления на трение (ДПДТ) на технологическую успешность в условиях равнопроходных эксплуатационных колонн (ЭК) Ø140 мм. В ходе настоящей работы успешно решен ряд теоретических и прикладных задач:

- выработан универсальный подход к оценке величины ДПДТ в условиях ЭК Ø140 мм, учитывающий темп закачки жидкости разрыва в скважину во всем диапазоне применяемых расходов нагнетания при производстве работ по РР МГРП;

- произведен анализ статистических данных производства работ по РР МГРП за 2024 год (17 скважин, 377 операций РР МГРП, 1078 отдельных закачек), определены пороговые значения величины ДПДТ, отражающие необходимость проведения дополнительных мероприятий по улучшению связи с пластом и вероятность получения технологических осложнений;

- на основании указанных пороговых значений ДПДТ разработан алгоритм принятия решений о необходимости проведения дополнительных мероприятий по улучшению связи с пластом, оценке их эффективности и принятию решения о выполнении или пропуске стадии МГРП (Рисунок 1).

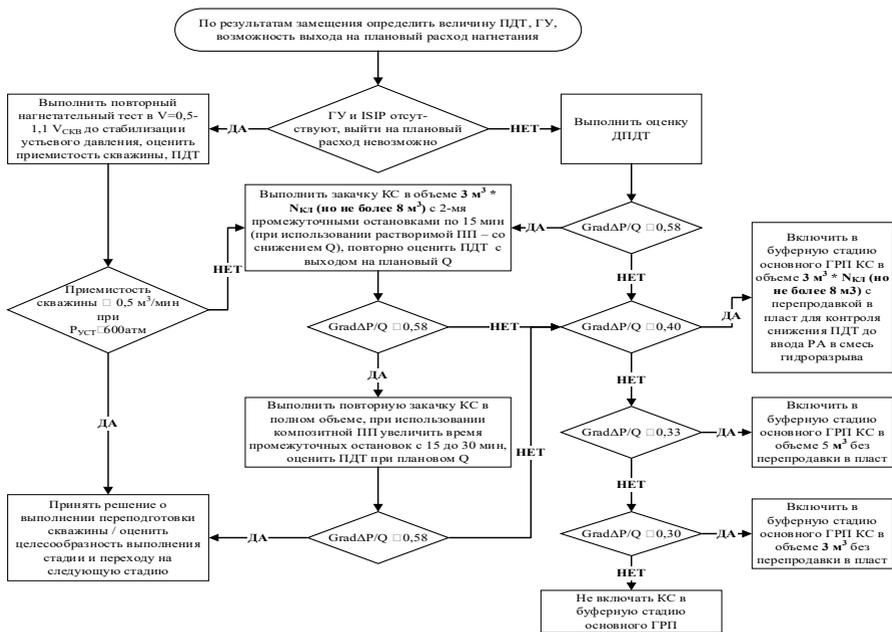


Рисунок 1 – Алгоритм принятия решений и оценке рисков при РР МГРП, где: ГУ – гидроудар, КС – кислотный состав, ISIP – мгновенное давление остановки закачки, GradDP – градиент ДПДТ приведенный к глубине события, Q – темп закачки

**Заключение.** В ходе настоящей работы разработан алгоритм принятия решений о проведении дополнительных мероприятий по улучшению связи с пластом в целях снижения влияние человеческого фактора на оценку технологических рисков, связанных с наличием повышенных ДПДТ, обеспечения рационального подхода к использованию материальных ресурсов, а также для поддержания высокого темпа производства работ по РР МГРП.

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

### Литература

1. 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 – 2023. – №3. – С. 67-79.
2. Войтехин, О. Л. Апробация технологии PLUTON в условиях I–III пачек петриковских продуктивных отложений скважины 466G Речицкой / О.Л. Войтехин, А.Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 8–16.

## **ОСОБЕННОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ КРУТОНАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ СКВАЖИН**

**Волосов А.В.** (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** В связи с быстрыми темпами роста экономики нашей страны перед работниками нефтяной и газовой промышленности поставлена задача – повышать эффективность бурения и улучшить качество бурения [1]. Данная задача является разносторонней и включает в себя такие аспекты как: увеличение скоростей проходки бурения, сокращение сроков строительства скважины, повышение качества самих буровых работ, внедрение и применение самых новейших и передовых разработок в данной области. Один из важнейших факторов повышение качества – проведение бурения наклонно-направленных горизонтальных скважин строго по проекту.

**Цель работы** – описание вскрытия продуктивного пласта горизонтальной скважины и выявление преимуществ такого способа бурения.

**Анализ полученных результатов.** Процесс бурения таких скважин часто называется горизонтальным бурением. Несмотря на то, что горизонтальное бурение применялось в течение многих лет, этот вид бурения в последнее время применяется во всех возрастающих объемах. Благодаря достижениям в совершенствовании оборудования для горизонтального бурения в последние годы, горизонтальное бурение превратилось из нового метода в надежный, проверенный процесс, широко применяемый как у нас в стране, так и за рубежом.

Основное преимущество горизонтальных скважин по сравнению с вертикальными состоит в увеличении дебита в 2-10 раз за счет расширения области дренирования и увеличения фильтрационной поверхности [2].

Одним из важнейших направлений в области интенсификации добычи нефти и повышения нефтеизвлечения считается разработка нефтяных месторождений с помощью горизонтальных скважин.

Данный способ бурения не только способствует увеличению количества добываемой нефти, но и позволяет с успехом разрабатывать участки, работа на которых при бурении обычной скважины считается непродуктивной и нерентабельной.

Горизонтальное бурение приносит успех в ряде случаев:

- Неисправности бурового оборудования;
- Месторождение нефти, расположенное в труднодоступной части для обычной технологии работы;
- Добыча нефти, залегающей на дне крупного водоема (океан или море).

Ключевое преимущество горизонтального направленного бурения заключается в сохранении баланса экосистем и отсутствии вреда ландшафтам, на которые не производится непосредственного влияния. Отрицательное влияние на условия жизни человека также стремится к минимуму, поэтому добычу нефти можно производить и около поселений и городов.

Процесс создания горизонтальной скважины для добычи нефтяного или газового продукта может проходить с использованием глубокого способа бурения и применением соответствующего оборудования [3]. При этом сначала проводится оформление геолого-технического наряда и создание технической карты. Техрегламент контролирует этапы выполнения.

Классификация бурового комплексного оборудования может зависеть от предела протяжки, и этот показатель измеряется в тоннах. Также важную роль играет диаметр расширения, а также длина ствола: эти значения измеряются в максимальных пределах. В случае, если нефть находится на океаническом или морском дне, горизонтальное бурение потребует минимальных затрат, в то время как стандартная технология требует установки морской платформы, что обойдется весьма недешево. Таким же образом можно устраивать подземные хранилища нефти.

В процессе бурения наклонных и горизонтальных скважин шлам ведет себя иначе, чем в вертикальных. Это связано с тем, что в пределах угла наклона скважины  $30^{\circ}$ - $65^{\circ}$  возникает лавинно-образование, а начиная от  $65^{\circ}$  шлам начинает осаждаться на нижнюю стенку скважины, что затрудняет процесс бурения.

**Заключение.** Основное преимущество горизонтальных скважин по сравнению с вертикальными состоит в увеличении дебита в 2-10 раз за счет расширения области дренирования и увеличения фильтрационной поверхности.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавто-матика» ГГТУ имени П.О. Сухого Аткинковой Т.В. за помощь при проведении исследования.

### **Литература**

1. Повжик ПП, Цыбранков АН, Стельмашок АП. Внедрение методики по применению адресных технологий разработки труднозвлекаемых запасов—путь к увеличению ресурсной базы РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»// Нефтяник полесья. - 2018. №2. С.34.
2. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 90-97.
3. Порошин В.Д. , Порошина С.Л. Оценка изменения объема сети фильтрационных каналов при проведении опытно-промысловых работ по рассолению продуктивных коллекторов на скважинах Березинского месторождения нефти в припятском прогибе// Литасфера. - 2022. - № 1(56). С.102-118.

## ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ

Гаврилин В. Г. (студент, гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** На сегодняшний момент приоритетной задачей в машиностроении является повышение надежности и долговечности деталей машин. Одним из способов решения этой задачи является применение различных технологий упрочнения изделий, таких как электромагнитная наплавка. Разработка и совершенствование методов и устройств, применяемых для осуществления процессов упрочнения изделий, является путем к повышению качества получаемых упрочненных поверхностных слоев и ведет к сокращению расхода применяемых материалов.

**Цель работы** – проведение обзора новейших исследований и разработок, предлагающих развитие метода электромагнитной наплавки, с определением его перспективности.

**Анализ полученных результатов.** Электромагнитная наплавка (ЭМН) представляет собой метод упрочнения, основанный на использовании концентрированных потоков энергии. Она позволяет реализовать в едином технологическом процессе восстановление геометрических размеров и увеличение срока службы деталей за счет упрочнения — повышения износостойкости рабочей поверхности. Метод основан на использовании энергии магнитного поля, выступающей в качестве связки зерен порошка, находящихся в подвижно-связанном и скоординированном состоянии относительно обрабатываемой поверхности, и электрической, расплавляющей зерна порошка и микрогребешки восстанавливаемой или упрочняемой поверхности [1].

На данный момент имеется множество работ, предлагающих различные способы осуществления электромагнитной наплавки, более совершенные схемы и установки. Так, например, перспективным методом электромагнитной обработки является метод электромагнитной наплавки с поверхностным деформированием. Пластическое деформирование уменьшает шероховатость поверхности покрытия, увеличивает его твердость и формирует в поверхностном слое сжимающие остаточные напряжения, повышающие усталостную прочность обработанных деталей.

В исследовании [2] повышение стабилизации процесса нанесения покрытий было достигнуто за счет обеспечения в рабочей зоне постоянной во времени величины магнитной индукции, а также устойчивой обратной связи разрядного тока и напряжения с изменяемыми технологическими параметрами. Для этого предлагается применять электромагнитные системы с постоянными магнитами и инверторным источником регулируемого импульсного сварочного тока и напряжения.

В результате исследования было установлено, что использование постоянных магнитов в устройствах упрочнения стабилизирует технологические параметры процесса и повышает качество покрытий. Выявлено, что у покрытий, полученных упрочнением на установке с магнитной системой на постоянных магнитах по сравнению с магнитной системой на электромагните, удельная длина трещин уменьшается в 1,75-2,2 раза, что объясняется увеличением длительности сохранения жидкой фазы в процессе кристаллизации капель расплава порошков в условиях ее скоростного охлаждения.

В качестве материала для электромагнитной наплавки преимущественно используются ферромагнитные порошки различного состава на основе железа. Так, в качестве примеси может выступать бор, который при взаимодействии с железом образует бориды железа, обладающие высокой твердостью и придают поверхностному слою износостойкость. Содержание хрома же придает покрытия коррозионную стойкость, однако способствует появлению трещин.

В работе [3] предлагается применение специальной пасты для ЭМН, которая представляет собой смесь ферромагнитного порошка и связующего вещества. Предложены следующие составы паст: состав №1 – эпоксидная смола ЭДП, растворенная в органическом растворителе марки 646 (ГОСТ 18188-72); состав №2 – эпоксидная смола, растворенная в жидком стекле. Применение пасты обусловлено следующими преимуществами: защита наплавочной ванны от воздействия окружающей среды, точное дозирование расхода порошкового материала, возможность легирования наплавленного слоя необходимыми компонентами.

**Заключение.** Проведенный анализ показывает, что метод электромагнитной наплавки имеет большие перспективы для улучшения благодаря множеству возможных направлений его развития.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Рогову Сергею Викторовичу, старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Petrishin G. V., Bystrenkov V. M., Odarchenko V. I. Method of providing wear-resistance of the blades of paddle mixers //Litiyo i Metallurgiya. – 2019. – Т. 2. – С. 32-35.
2. Кульгейко М. П., Петришин Г. В., Симанович Н. М. Роль инверсионности способов магнитно-электрической обработки при создании технологических комплексов генерации поверхностей //Вестник Белорусско-Российского университета. – 2020. – №. 4 (69). – С. 21-30.
3. Полугородник И. Н., Иванов П. А., Шевырев Л. Ю. Анализ способов восстановления и упрочнения рабочей поверхностей гильз двигателей внутреннего сгорания //Тенденции развития науки и образования. – 2018. – №. 43-8. – С. 59-64.
- 4.

# РОБОТ-ПЕРЕВОДЧИК С ШРИФТА БРАЙЛЯ НА ЯЗЫК ЖЕСТОВ

Гарбар А.Е., Кардаш В.А.

(учащиеся УО «Национальный детский технопарк»)

*Национальный детский технопарк,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Роботизированный переводчик с шрифта Брайля на язык жестов имеет огромный потенциал для улучшения жизни людей с ограничениями [1]. Важность межличностной коммуникации неоспорима. Современный научный прогресс позволяет сделать этот важнейший аспект жизни доступным и комфортным и для людей с ограниченными возможностями. Такой переводчик поможет людям с нарушениями слуха и зрения лучше взаимодействовать и понимать друг друга. Это способствует созданию более инклюзивного общества. Переводчики помогут сделать образовательные материалы и информацию более доступными для людей с ограничениями, что будет способствовать их обучению и саморазвитию. Роботизированный переводчик расширит карьерные перспективы людей с разными ограниченными возможностями, посредством установки коммуникации между ними. В будущем такие роботы помогут каждому человеку обмениваться информацией невзирая на свои возможности.

**Цель работы:** создание робота для коммуникации людей с разными ограниченными возможностями посредством шрифта Брайля и языка жестов.

## **Основные задачи:**

Составить электрические схемы для дисплея шрифта Брайля и робо-руки, воспроизводящей символы на языке жестов.

Запрограммировать робота на выполнение определённых команд.

Смоделировать и напечатать детали корпуса и руки на 3D-принтере.

Собрать робота-переводчика.

Шрифт Брайля – рельефно-точечный тактильный шрифт, предназначенный для письма и чтения незрячим и плохо видящим людям. Разработан в 1824 году Луи Брайлем [1]. Для его демонстрации разработаны различные пишущие машинки, которые стали прототипом для Брайлевского дисплея, созданного в ходе работы.

Жестовый язык – самостоятельный язык, состоящий из жестов, каждый из которых производится руками в сочетании с мимикой, формой или движением рта и губ, а также в сочетании с положением корпуса тела [2]. Эти языки в основном используются в культуре глухих и слабослышащих с целью коммуникации.

**Составляющие** электрической цепи робота:

- микроконтроллер Arduino Uno;
- серводвигатели Tower Pro;
- резисторы сопротивлением 10кОм;

- кнопки;
- провода.

Для разработки проекта была использована среда Arduino IDE и язык программирования C. Для программного управления сервоприводами подключена библиотека “Servo.h”. Основываясь на информацию о положении кнопок, поступившую с Брайлевского дисплея, осуществляется подача сигнала на встроенные в роботизированный протез серводвигатели, с помощью операторов условия switch и case [3].

3D-моделирование деталей дисплея шрифта Брайля и роботизированного протеза руки осуществлялось в среде моделирования Solid Works. Модели были напечатаны из PLA пластика на 3D-принтере Hercules G4 DUO.

**Заключение.** В результате исследования был разработан и собран оригинальный прототип роботизированного переводчика, способный демонстрировать буквы русского языка жестов, опираясь на введенный на Брайлевском дисплее символ русской вариации шрифта Брайля.

В **перспективы** развития проекта входит:

- добавление функции обратного перевода с языка жестов на язык Брайля;
- добавление зарубежных вариаций шрифта Брайля и жестового языка;
- мобилизация процесса демонстрации жестов с текстовым и звуковым сопровождением;
- создание приложения для более комфортного использования.

**Благодарность.** Выражаем признательность и благодарность научным руководителям Прохоровичу Сергею Сергеевичу, Матрунчик Юлии Николаевне, старшим преподавателям кафедры «Робототехнические системы» БНТУ; Дубатовка Владиславу Витальевичу, заведующему лабораторией «Робототехника» УО «Национальный детский технопарк» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

### Литература

1. Брайлевская клавиатура – <https://habr.com/ru/articles/452466/> – Дата доступа: 28.10.2024
2. Жестовые языки как полноценное средство коммуникации – <https://cyberleninka.ru/article/n/zhestovye-yazyki-kak-polnotsennoe-sredstvo-kommunikatsii> - Дата доступа: 28.10.2024
3. Разрабатываем бионический протез с нуля / Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/572146/> - Дата доступа: 28.10.2024

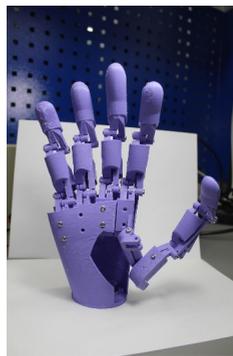


Рисунок 1 – Готовый прототип протеза руки

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО КАМНЯ ПРИ ПОМОЩИ CAD/CAM-СИСТЕМ DELCAM

**Герасенко В.В.**(студент гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность** В настоящее время применение станков с ЧПУ является необходимым условием для конкурентоспособности любого промышленного предприятия. Не является исключением из этого правила и камнеобрабатывающая промышленность. Такие станки зачастую требуются для изготовления статуй, фонтанов, каминов и других изделий, поскольку использование ручного труда приводит к существенному снижению конкурентоспособности подобного товара как по цене, так и по срокам изготовления. Сегодня существует довольно много справочной литературы по применению станков с ЧПУ для обработки изделий из металла, чего нельзя сказать об обработке изделий из натурального камня.

**Цель работы** – разработка технологического процесса и изготовление детали «Балясина стартовая» на пятиосевом фрезерном обрабатывающем центре CMS Vrembana при помощи CAD/CAM-систем Delcam.

**Анализ полученных результатов.** В процессе 3D-сканирования прототипа из облака точек нами была воссоздана трехмерная CAD-модель детали «Балясина стартовая» (рисунок). CAD-модель «Балясины стартовой» была создана с применением метода реверсивного инжиниринга. Для этих целей на предприятии используется стационарная КИМ с лазерной головкой и CAD система PowerSHAPE Pro. 3D-сканирование выполняется путем последовательного перемещения каретки с закрепленной на ней лазерной головкой вдоль осей X и Y с заданным шагом.

Для обработки облака точек и преобразования их в триангулированную поверхность использовался мастер построения треугольников. Результат проделанной работы также в программе PowerSHAPE Pro была создана управляющая кривая для программирования пятиосевой обработки передней стенки. Полученная доработанная 3D-модель экспортирована в САМ-систему PowerMILL

Выбранную схему закрепления мы сначала проверили на прочность в САЕ-системе. Проверка была проведена под нагрузкой, равной силе резания 1600 Н. Были проведены два исследования: в первом сила приложена к боковой поверхности детали в плоскости XY, во втором — вдоль оси Z к краю заготовки, максимально удаленному от опоры. Проведенные расчеты подтвердили надежность закрепления и правильность выбора схемы базирования. При втором установе деталь закреплялась непосредственно на столе станка при помощи стандартных приспособлений. В результате создается файл с облаком точек, имеющий расширение \*.asx. Для получения

полной 3D-модели необходимо отсканировать исходную модель с различных ракурсов. После технологической проработки была выбрана рациональная схема закрепления заготовки на столе станка с ЧПУ. При использовании предложенной схемы закрепления появилась возможность обработки детали за два технологических установка на станке с ЧПУ, что, в свою очередь, сократило время и трудоемкость изготовления изделия. В САМ-систему PowerMILL была импортирована кинематика станка, что позволило контролировать все перемещения станка непосредственно при компьютерной визуализации обработки. Для обработки детали на станке Упука по разработанной в САМ-системе PowerMILL управляющей программе в модуле PM-Post был создан специализированный постпроцессор. При разработке постпроцессора важен правильный подбор кинематики стойки. В программе PM-Post на выбор предлагается несколько типов пятиосевых стоек: «стол-стол», «стол-шпиндель» и «шпиндель-шпиндель». Для станка Упука больше всего подходит кинематика «шпиндель-шпиндель», но для точного анализа кинематики нами была разработана подробная кинематическая 3D-модель MTD (Machine Tools Model)



Рисунок Общий вид прототипа «Балясина стартовая»

**Заключение.** Применение современных технологий обработки, а также использование CAD/CAM-систем Declam позволило сократить время на изготовление сложного изделия из камня на 15 %

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. (к.т.н., доцент) за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ НЕДР ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Глушаков К.А. (студент, гр. НР-51)

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

**Актуальность.** Для защиты недр и предотвращения непроизводительных потерь углеводородов и пластовой энергии должен быть установлен оптимальный технологический режим работы добывающих скважин. В статье приведен комплекс мероприятий по охране недр при эксплуатации скважин нефтегазовых месторождений.

**Цель.** Проанализировать полученные данные и сделать выводы о том, как сложные геологические условия месторождений влияют на охрану недр и предотвращение непроизводительных потерь углеводородов и пластовой энергии.

**Анализ полученных результатов.** Основные рекомендации по охране недр в процессе эксплуатации нефтегазовых месторождений, согласно требованиям правил по охране недр, заключаются в необходимости рационального использования пластовой энергии, максимального извлечения углеводородов, а также в использовании системы сбора и закачки в пласты горных пород попутных вод и вод, использованных пользователями недр для собственных производственных и технологических нужд.

Сложные геологические условия месторождения (наличие аномально высокого пластового давления, высокой температуры, большая глубина скважин (более 3000 м), наличие разрывных нарушений, выклинивания коллекторов и т.д.) в целях охраны недр требуют четкого соблюдения рекомендуемого технологического режима разработки продуктивных залежей.

Для защиты недр и предотвращения непроизводительных потерь углеводородов и пластовой энергии должен быть установлен оптимальный технологический режим работы добывающих скважин.

Контроль полноты извлечения углеводородов должен проводиться по данным учета добычи нефти и газа. Величины отборов нефти должны устанавливаться ежеквартально и отражаться в технологических режимах [1]. Перевод скважин после отработки на вышележащие продуктивные отложения, забуривание боковых стволов, а также проведение геолого-технических мероприятий по улучшению нефтеотдачи действующих скважин будет способствовать наиболее полной отработке продуктивных объемов месторождения.

Для обеспечения промышленной и экологической безопасности при эксплуатации добывающих нефтяных скважин необходимо систематически осуществлять контроль технического состояния забоя, эксплуатационной колонны, заколонного пространства, работы оборудования, соответствия

параметров работы скважин установленному технологическому режиму; объемов и химического состава выносимых попутно-промысловых вод [1].

Своевременное проведение мероприятий, направленных на предотвращение гидрато- и парафинообразований в промышленном оборудовании позволит предупредить возникновение осложнений в работе скважин при их эксплуатации и сокращения их дебитов.

В процессе эксплуатации при неисправности технического оборудования и коммуникаций могут возникнуть заколонные и межколонные перетоки, которые могут вызвать загазованность прилегающих территорий и воздушного пространства в районе расположения эксплуатационных скважин. Для предотвращения загрязнения окружающей среды в результате потерь газа необходимо обеспечивать безаварийную работу герметизированной системы сбора и транспорта добываемой продукции. Это позволит исключить вероятность превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ во всех экосистемах в пределах зоны влияния нефтегазового промысла [2].

В целях сохранения нормальной экологической обстановки на территории месторождения необходимо, чтобы на всех этапах проектирования и эксплуатации скважин, соблюдались правила экологически безопасного ведения работ. При разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений необходимо соблюдать режим нормативных санитарно-защитных зон [3].

**Заключение.** Таким образом, соблюдение рекомендаций по охране недр и применение современных технологий позволяют обеспечить промышленную и экологическую безопасность при эксплуатации добывающих нефтяных скважин, а также максимально полно обрабатывать продуктивные объемы месторождений.

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

#### **Литература**

1. Альмухаметова Э.М., Файзуллин А.А. К вопросу об экологических проблемах при буровых работах и эксплуатации скважин // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2018. – №4.
2. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2022. – 109 с.
3. 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. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2023. – С. 110–113.

## БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ В СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Горбачёв П.А. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** При работе с сложными геологическими формациями, такими как солевые отложения, возникает необходимость в использовании специализированных буровых растворов. Эти растворы играют критически важную роль в обеспечении эффективности и безопасности процесса бурения, поскольку они должны не только поддерживать стабильность стенок скважины, но и предотвращать нежелательные взаимодействия между буровым раствором и породой [3].

**Цель работы** – изучить буровые растворы применяемые для бурения в солевых отложениях.

**Анализ полученных результатов.** При прохождении соленосных пород происходит их растворение. Соленосные породы, слагающие стенки скважины, растворяются под действием потока бурового раствора.

Устойчивость (по отношению к растворению) стенки скважины, сложенной однородными породами, независимо от скорости восходящего потока, может быть достигнута лишь при условии полного насыщения бурового раствора солью (соль, содержащаяся в растворе, должна быть такой же, как соль, из которой сложены стенки скважины).

При небольшой мощности неоднородных солей основной мерой предупреждения их растворения является максимальное форсирование режима бурения с последующим спуском колонны и ее цементирование.

При большой мощности неоднородных солей наиболее надежное средство предотвращения их интенсивного растворения – бурение с применением безводных буровых растворов. Глинистые солестойкие буровые растворы готовят из палыгорскита [1].

Используемые в настоящее время буровые растворы многокомпонентны, что создает определенные сложности при управлении свойствами и показателями раствора. Традиционно используемые водные буровые растворы за рубежом и в нашей стране, представляют с собой глинистые суспензии, стабилизированные анионно-неионными высокомолекулярными соединениями полимерами. В качестве полимеров-стабилизаторов наибольшее применение нашли: водорастворимые эфиры целлюлозы (анионные и неионные), крахмал (неионный) и акриловые реагенты (анионные). Сюда же можно добавить лигносульфонаты и гуматы, относящиеся к анионным соединениям.

Рассмотрим существенные недостатки анионно-неионных буровых растворов при бурении скважин в глинистых и солевых отложениях:

- низкие ингибирующие свойства, из-за чего происходит рост структурно-реологических показателей («скачки» технологических показателей) и наработка объема раствора;

- низкая крепящая способность раствора (потеря устойчивости стенок скважин в глинистых отложениях);

- биодеструкция анионных и неионных полимеров и дестабилизация рабочего раствора;

- низкая устойчивость раствора к полисолевой и температурной агрессии, а также к изменению pH среды;

- несовместимость пресной и соленой систем: переход от пресной в соленую чревато резким ухудшением свойств и показателей раствора, повышением расхода стабилизаторов и т.д.;

- многокомпонентность и сложность управления свойствами раствора в процессе бурения скважины и т.д.

В дополнение можно отметить, что устранение указанных недостатков, для анионно-неионных растворов, практически невозможно. Недостатки традиционных растворов легко устранимы при использовании катионных полимеров в качестве стабилизаторов буровых систем [2].

**Заключение.** Устойчивость стенок скважины можно обеспечить при условии полного насыщения бурового раствора солью, соответствующей той, из которой состоят сами породы. При наличии небольших мощностей неоднородных солей рекомендуется использовать максимальное форсирование режима бурения, что в сочетании со спуском колонны и ее цементированием может служить надежной мерой для предотвращения растворения. В случае же, если мощность солей значительно велика, наиболее эффективным решением оказывается применение безводных буровых растворов. Этот подход не только снижает риск растворения стенок скважины, но и позволяет существенно повысить общую стабильность процесса бурения.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

#### **Литература**

1. Бруй Л.К., Шемлей Н.В., Аткинговская Т.В. Буровые и тампонажные растворы : учебное пособие. – Гомель : ГГТУ имени 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 Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2020. – № 2. – С. 90–97.

3. Асадчев, А. С. Анализ технологий подготовки нефти и газа нефтяных месторождений Республики Беларусь / А. С. Асадчев, Н. П. Коляда // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого.. – 2020. – № 3/4. – С. 126—137.

## АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА УЛЬТРАВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ SAW WIRE НА БЕЛОРУССКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ

Гомза Н.Н.( студент гр. ЗТМ 41с)

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

**Актуальность.** На фоне мирового кризиса полупроводников и жесткого дефицита на рынке китайских микрочипов, особенно актуальной стала задача высокоточной, экономичной резки полупроводниковых материалов для микросхем.

**Цель работы** - анализ перспективности производства ультравысокопрочной стальной проволоки saw wire на белорусском металлургическом заводе для резки слитков монокристаллов кремния на пластины минимальной толщины которые служат подложкой для чипов.

**Анализ полученных результатов:** На Белорусском металлургическом заводе освоили выпуск уникального продукта – проволоки для резки кремниевых пластин (рисунок). Её не производят другие предприятия в Беларуси, ни на постсоветском пространстве. Многие компании приобретали ранее проволоку для резки кристаллов в Европе.

Уникальность изделия определяется его назначением и техническими характеристиками. Стальная высокоуглеродистая проволока изготавливается из стали 85К, 90К, 95К диаметром 0,08-0,20мм (допуски по диаметру  $\pm 0,002$  -  $\pm 0,006$ мм) с латунным покрытием 0,23-0,25 мкм ( $65 \pm 3$  % меди) и прочностью 2700-4100 МПа (допуск  $\pm 200 \dots 400$  МПа) диаметр кольца – минимум 200 мм (допуски по диаметру кольца  $\pm 50$  мм) длина намота – от 100 до 800 км, тип катушки определяется потребителем. Предназначена для работы с такими материалами как кварц, кремний, а также разнообразными сверхтвёрдыми и хрупкими материалами, при обработке которых определяющими факторами является точность реза и минимальные потери. К примеру, минимальный диаметр такой проволоки – всего 0,08 мм. Это тоньше чем человеческий волос.

Высокопрочная проволока для резки твёрдых хрупких материалов востребована в фотоэлектрической промышленности (до 90 % потребления) и микроэлектронике, где тонкие (0,08-1,50 мм) пластины из поликристаллического кремния служат заготовками для производства фотоэлементов солнечных панелей, светодиодных микрочипов и интегральных микросхем. Резка происходит по принципу перемотки проволоки с одного ролика на другой с большой скоростью. Разрезаемый слиток подводят к движущейся проволоке до соприкосновения и устанавливают определенную скорость подачи слитка. В процессе перемотки происходит резка слитка на пластины. Скорость движения проволоки 700 м/мин.

Для цеха производство такой новая проволоки технология, которую нужно развивать и расширять. Ведется активная работа по расширению клиентской базы и увеличению объемов производства высокотехнологичной стальной проволоки для резки кристаллов (saw wire). Это самая прочная и тонкая проволока, чем все производившиеся ранее.



Рисунок - Проволока Saw Wire.

**Заключение:** На основании проведенной оценки можно сделать вывод о перспективности производства ультровысокопрочной проволоки Saw Wire на Белорусском металлургическом заводе.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю доценту Царенко И.В., за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Сычков А. Б. и др. Особенности структурообразования в тонкой проволоке //Вестник Магнитогорского государственного технического университета имени ГИ Носова. – 2017. – Т. 15. – №. 2. – С. 75-84.
2. Петришин Г.В. Применение самофлюсующихся порошков в процессе магнитно-электрического упрочнения // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – №4. – С. 37–39.
3. Петришин Г.В., Пантелеенко Ф.И., Пантелеенко Е.Ф., Пантелеенко А.Ф. Технологические режимы магнитно-электрического упрочнения с использованием диффузионно-легированных порошков// Вестник Брестского государственного технического университета. – 2005. – №4. – С. 69–75.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ПРОЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Гулай А.В. (студент, гр. НР-51)

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

**Актуальность.** Оценка рисков позволяет определить возможные угрозы для проекта, оценить их влияние на его реализацию и разработать меры по снижению негативных последствий. Это способствует повышению эффективности и успешности проектов в нефтегазовой отрасли [1].

**Цель работы** – анализ методов оценки рисков в проектах нефтегазовой отрасли и их применение для повышения эффективности и успешности проектов в нефтегазовой отрасли.

**Анализ полученных результатов.** Анализ рисков (Risk Analysis) представляет собой комплексный процесс, включающий в себя идентификацию, оценку и разработку мер по управлению рисками. Этот метод позволяет выявить потенциальные угрозы и разработать стратегии для минимизации их воздействия. В процессе анализа используется сбор данных, моделирование и прогнозирование возможных сценариев развития событий [2, 3].

Также используется различное программное обеспечение, построенное по технологии SOA (service-oriented architecture), которое можно гибко встроить в существующие системы по обработке входящей информации. Например, на основе предоставляемого XML-файла с информацией о сертификате качества, можно сгенерировать текстовый файл со структурой, необходимой для импорта в информационные системы покупателей [4].

**Оценка воздействия и вероятности (Impact and Probability Assessment)**

Этот метод предполагает количественную оценку вероятности наступления риска и его возможного воздействия на проект. Для оценки используются математические модели и статистические данные. Результаты позволяют определить наиболее критические риски и сконцентрировать усилия на их предотвращении.

**Математическое моделирование (Mathematical Modeling)**

Математическое моделирование включает использование различных математических методов и алгоритмов для прогнозирования и анализа рисков. Сюда входят методы теории вероятностей, статистики, а также численные методы. Модели позволяют предсказывать развитие событий и оценивать возможные последствия различных решений.

**Метод анализа цепочек (Chain Analysis)**

Анализ цепочек направлен на исследование последовательности событий, которые могут привести к возникновению риска. Этот метод позволяет выявить ключевые этапы и точки влияния, где можно применить меры для предотвращения или минимизации рисков. Такой подход помогает детализировать и структурировать процесс управления рисками.

### Метод анализа сценариев (Scenario Analysis)

Метод анализа сценариев включает рассмотрение различных гипотетических сценариев развития событий. Этот метод позволяет моделировать возможные ситуации и оценивать их последствия. Анализ сценариев помогает подготовиться к различным вариантам развития событий и разработать стратегические планы действий.

### Метод анализа сильных и слабых сторон (SWOT Analysis)

SWOT-анализ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) предполагает оценку внутренних сильных и слабых сторон проекта, а также внешних возможностей и угроз. Этот метод позволяет определить ключевые факторы, влияющие на проект, и разработать стратегии для их эффективного использования или минимизации.

### Метод анализа рисков и возможностей (Risk and Opportunity Analysis)

Данный метод включает в себя оценку как рисков, так и возможностей, связанных с проектом. Он помогает выявить потенциальные угрозы и позитивные аспекты, которые могут быть использованы для улучшения результата проекта. Такой подход обеспечивает комплексное и сбалансированное управление проектом.

Метод анализа рисков и контрольных мер (Risk and Control Measures Analysis)

**Заключение.** Применение этих методов позволяет оценить возможные риски, связанные с инвестиционными проектами в нефтегазовой отрасли, и принять обоснованные решения по управлению рисками. Это способствует повышению эффективности проектов и снижению финансовых потерь.

### Литература

1. Якупов Б. Т. Методы, инструменты и оценка рисков в нефтегазовой отрасли // Синергия наук. – 2018. – №. 27. – С. 46-57.
2. Гасумов Э. Р., Гасумов Р. А. Управление инновационными рисками при выполнении геолого-технических (технологических) мероприятий на нефтегазовых месторождениях // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – №. 2. – С. 8-16.
3. Невзорова, А. Б. Выбор веб-сервиса для создания цифрового образовательного мероприятия / А. Б. Невзорова, Н. С. Горошко // Цифровая трансформация. – 2020. – № 4 (13). – С. 34-43. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-4-34-43>
4. Невзорова, А.Б., Колодко В.А. Основы математического моделирования месторождений углеводородов для студентов технического университета / А. Б. Невзорова, // 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..

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНТАЖНЫХ КОРПУСОВ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Гурбан О.К. (аспирант)

*УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» г.Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Оптимизация монтажных корпусов заключается в необходимости интеграции основных параметров для создания более сложных и функциональных решений.

**Цель работы.** Изучение формы и размеров каналов для обеспечения максимальной эффективности потока и минимизации потерь, включая в себя моделирование для оценки различных конфигураций.

**Анализ полученных результатов.** Важнейшим достижением научно-технического прогресса является комплексная автоматизация промышленного производства [1]. В своих высших формах, таких как гибкое автоматизированное производство (ГАП) и компьютерное интегрированное производство (КИП), автоматизация предполагает функционирование многочисленных взаимосвязанных технических средств различных объектов производства на основе компьютерной техники, программного управления, групповой организации производства и мощного специального программного обеспечения, которое определяется обычно как CAD/CAM/CAE. Разработка монтажного корпуса гидроблока управления технологического оборудования, с учетом энергетических характеристик, позволяет на этапе моделирования, с использованием CAD/CAE систем для проведения численных расчетов, позволяет оценить параметры конструкции.

Основными задачами автоматизации технологической подготовки производства (ТПП) являются следующие: сокращение трудоемкости ТПП и, как следствие, сокращение числа технологов; сокращение сроков ТПП; повышение качества разрабатываемых технологических проектов [2].

Внедрение программного обеспечения CAD/CAM/CAE – систем (компьютерное проектирование / компьютерная производство / компьютерный анализ конструкций) не только приводит к изменению методологии ТПП, но и коренным образом меняет сложившиеся методики и приемы разработки технологической оснастки и подготовки технологической документации.

Применение специализированных математических пакетов, типа MatLab, MatCad, Maple, Mathematica значительно упрощает для инженеров внедрение, что повышает уровень конструкторско-технологических решений, требуемых для разработки и применения новых, более совершенных методов проектирования [3, 4].

На первом этапе выбирается (или строится) эквивалент изучаемого объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства. Математическая модель исследуется теоретическими методами, которые позволяют получить важные предварительные знания об объекте.

Оптимизация проектирования монтажных корпусов представляет собой ключевой этап в обеспечении их эффективности и надежности. В процессе реализации модели расчета важно не только разработать теоретические основы, но и провести проверку качества полученных решений на практике.

Проверка качества модели осуществляется через сопоставление расчетных данных с результатами качественного анализа, что позволяет подтвердить разумность и точность разработанного решения. Этот этап является критически важным, так как он обеспечивает уверенность в том, что проектируемые корпуса соответствуют заданным требованиям и условиям эксплуатации.

Если результаты проверки оказываются неудовлетворительными, это служит сигналом к необходимости модификации модели.

**Заключение.** Процесс оптимизации монтажных корпусов является цикличным и требует постоянного анализа и доработки. Только через итеративное совершенствование модели можно достичь высоких стандартов качества и надежности, что в конечном итоге приводит к успешной реализации проектов и удовлетворению потребностей пользователей.

*Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Пинчуку Владимиру Владимировичу (профессор, д.т.н.) за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

## **Литература**

1. Пинчук, В. В. Минимизация гидравлических потерь давления в каналах соединительно-монтажного модуля при построении структурных схем агрегатно-модульных гидроблоков управления технологического оборудования / В. В. Пинчук, С. Ф. Андреев, Е. В. Иноземцева // Вестн. ГГТУ имени П. О. Сухого. – 2016. – № 4. – С. 41–45.
2. Михайлов М.И. Математическое моделирование оборудования и инструментов: учеб.пособие/ М.И. Михайлов//; М-во образования РБ, Гомель. Гос.техн.ун-т им П.О. Сухого.-Гомель: ГГТУ им П.О. Сухого, 2018-284 с.
3. Путято А.В. Оценка влияния продольного смещения центра масс груза на устойчивость полувагона против схода с рельсов // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2021. № 1 (42). - С. 31-36.
4. Путято, А. В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами : [монография] / А. В. Путято. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 295 с.

## ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Гуцко А.А. (студент, гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** В современном мире, где технологии развиваются стремительными темпами, внедрение электроэрозионных станков становится актуальным и перспективным направлением развития промышленности. Эти станки позволяют обрабатывать самые разнообразные материалы с высокой точностью и качеством, что делает их незаменимыми во многих отраслях. Позволяя сократить время обработки и почти полностью исключить некоторые виды обработки [1].

**Цель данной работы** - доказать то что применение станков с данной технологией обосновано.

**Анализ полученных результатов** внедрение электроэрозионных станков на производстве может заключаться в следующем:

Повышение точности и качества изготовления деталей за счёт использования высокоточных электроэрозионных технологий. Электроэрозионные технологии позволяют добиться высокой точности обработки и получить детали с гладкой поверхностью и высокой степенью детализации. Например, с помощью электроэрозионной обработки можно изготовить сложные детали для авиационной промышленности, где требуется высокая точность и качество.

Расширение производственных возможностей и ассортимента выпускаемой продукции благодаря обработке самых разнообразных материалов. Электроэрозионные станки могут обрабатывать различные материалы, включая металлы, сплавы, керамику и даже некоторые виды пластика. Это расширяет производственные возможности и позволяет с помощью электроэрозионной обработки можно изготавливать детали из твёрдых сплавов, керамики, титана, карбидов и термически обработанных сталей которые сложно обработать механически.

Сокращение отходов материалов и повышение эффективности использования ресурсов. Электроэрозионная обработка позволяет более эффективно использовать материалы, сокращая отходы и повышая эффективность производства. Например, в ювелирной промышленности электроэрозионная обработка может использоваться для создания сложных форм из драгоценных металлов с минимальными отходами.

Обеспечение безопасности и надёжности изготавливаемых деталей, что особенно важно для таких отраслей, как авиационная промышленность, энергетика и военная промышленность. В таких отраслях, как авиационная промышленность, энергетика и военная промышленность, безопасность и надёжность деталей имеют решающее значение. Электроэрозионная

обработка обеспечивает высокое качество деталей и их соответствие требованиям безопасности. Например, в авиационной промышленности электроэрозионная обработка может использоваться для изготовления деталей двигателей, где требуется высокая точность и надёжность.

Внедрение современных технологий в производство для соответствия требованиям экологической безопасности и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Современные электроэрозионные станки позволяют снизить негативное воздействие на окружающую среду за счёт более эффективного использования ресурсов и сокращения отходов [2].

Привлечение инвестиций и развитие предприятия за счёт внедрения передовых технологий и повышения эффективности производства включает следующие ключевые моменты по преимуществам и недостаткам электроэрозионных станков:

Высокая точность обработки.

Возможность работы с широким спектром материалов.

Получение сложных форм деталей.

Высокое качество поверхности деталей.

Высокая стоимость оборудования.

Сложность настройки и эксплуатации.

Ограничения по размерам и сложности форм деталей.

**Заключение.** Внедрение электроэрозионных станков в производство имеет свои плюсы и минусы. Среди основных преимуществ можно выделить высокую точность обработки, возможность работы с широким спектром материалов и сложные формы деталей [3]. Кроме того, электроэрозионные станки позволяют получать поверхности высокого качества.

Однако есть и недостатки, такие как высокая стоимость оборудования, сложность настройки и эксплуатации, а также ограничения по размерам и сложности форм деталей.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. доцента кафедры технологии машиностроения, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Хан Ф., Чен Л., Ю Д., Чжоу С. Базовое исследование импульсного генератора для микро-ЭЛС // Международный журнал передовых производственных технологий. – 2006. – Т.33, № 5-6. – С.474-485.

2. Petrishin G. V., Bystrenkov V. M., Odarchenko V. I. Method of providing wear-resistance of the blades of paddle mixers // Litiyo i Metallurgiya. – 2019. – Т. 2. – С. 32-35.

3. Петришин Г. В., Быстренков В. М., Одарченко В. И. Метод обеспечения износостойкости лопаток лопастных смесителей // Литьё и металлургия. – 2019. – №. 2. – С. 32-35.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ.**

**Данатарова М., Язлыева С., Курбандурдыев М., Иллиев А.**  
*Государственный энергетический институт Туркменистане,  
(Туркменистан)*

В новую эпоху возрождения суверенного государства исходя из Национальной программы социально-экономического развития на 2022-2052 годы реализуются индустриально-инновационные направления развития в основных отраслях экономики. Является важным развитие солнечной энергий на основе полупроводникового кремния и полупроводниковых материалов и фотоэлектрических модулей, а также развитие соответствующие промышленных отраслей на основе зеркал, которые являются неотъемлемой частью солнечной технологий.

Энергетический потенциал возобновляемых источников энергии в Туркменистане, оценивается в 110 миллиардов тонн условного топлива в год, наиболее эффективными направлениями считается солнечная и ветровая энергетика. Под руководством уважаемого Президента особое внимание уделяется инновационному развитию, внедрению в экономику цифровых передовых и современных технологий и созданию высокоэффективной, безопасной и экологически чистой энергии.

Климатические и географические условия Туркменистана чрезвычайно благоприятны для широкого использования возобновляемых источников энергии. Продолжительность солнечного излучения в Туркменистане составляет 2768-3081 часов в год. Годовой энергетический потенциал солнечной энергетике составляет 1,4 миллиардов тонн условного топлива.

В начале 19-го века, с появлением явления фотоэффекта, началась история развития фотоэлектричества. Но спустя столетие начинается развитие полупроводников. Первый кремниевый полупроводниковый фотодиод изобретен в Америке в 1950-х годах. КПД фотодиода составлял примерно 5%. С тех пор КПД солнечного элемента увеличивается. В настоящее время КПД кремниевого солнечного элемента в лабораторных условиях достигает 20%. Другие полупроводниковые материалы, включая кремния, также были протестированы и многие из них сегодня доступны на рынках. Но из-за высокой цены и низкого КПД солнечного элемента цена производства электроэнергии остается высокой. Поэтому в нашей стране фотоэлектрические элементы будут доступны для автономных потребителей в местах удаленных от линий электропередач.

Одним из основных недостатков фотоэлементов является низкий КПД солнечного модуля. Для кремниевых панелей КПД достигает 10-15%. КПД солнечных элементов определяет максимальную ширину запрещенной зоны.

Монокристаллы и поликристаллы кремния. Кремний на сегодняшний день является одним из самых распространённых элементов для

производства фотоэлектрических модулей. Однако из-за маленькой абсорбции солнечного излучения, солнечные элементы из кристалла кремния изготавливаются обычно шириной 300 мкм. КПД фотоэлемента из монокристалла кремния достигает 17%. Если взять фотоэлемент из поликристалла кремния, то его КПД ниже на 5% чем у монокристалла кремния.

Арсенид галлия (Ga As). Солнечные элементы из арсенида галлия в лабораторных условиях уже показали КПД равный 25%. Арсенид Галлия, разработанный для оптоэлектроники, трудно производить в больших количествах для солнечных элементов является достаточно дорогим. Солнечные элементы из арсенида галлия применяются совместно с солнечными концентраторами, а также для космонавтики.

Тонкопленочные фотоэлементы технологии. Основным недостатком кремневых элементов является их высокая стоимость. Имеются тонкопленочные элементы, которые изготавливаются из аморфного кремния Amorf (aSi), теллурида кадмия (CdTe) или купрум индий дуселинида (CuInSe<sub>2</sub>).

Преимущество тонкопленочных фотоэлементов- экономия сырья и материалов и более дешевое производства по сравнению с кремниевыми фотоэлементами. Поэтому можно сказать, что тонкопленочные изделия имеют перспективу для применения в фотоэлементах. Недостатком является, что некоторые материалы являются достаточно токсичными, поэтому безопасность продукции, а также обработка играют важную роль. Кроме того, теллурид является исчерпаемым ресурсом, по сравнению с кремнием. КПД тонкопленочных фотоэлементов достигает 10%.

Преимущество использования фотоэлектрических модулей является их равномерное освещение. Но, пыль, метеорологические осадки, падающие листья с деревьев, птичий помет может привести к затенению в некоторых частях модуля. Затенение очень сильно влияет на мощность солнечной панели. Если взять солнечный коллектор, то можно сказать, снижение мощности пропорциональна части затененной области, но в тоже время затенение одной части фотоэлемента модуля может снизить мощность в два раза. В связи с этим с энергетической стороны затенение фотоэлементов не допускается, а также это опасно и возможны повреждение фотоэлемента.

#### **Ожидаемые результаты:**

1. Внедрения цифровых технологии направленных на защиту здоровья человека, энергосберегающих и экологически чистых технологий, приведет к увеличению возможностей топливно-энергетического комплекса нашей страны.
2. В отдаленных местах от линий электропередачи, за счет солнечных батарей, обеспечит автономных потребителей электроэнергией и приведет к экономии природного топлива.

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СТАРЕНИЯ РАБОЧИХ КАДРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Данильченко В. А. (студент, гр. ЗТМ-42с)

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

**Актуальность.** Старение рабочих кадров – это глобальная проблема, затрагивающая многие отрасли, включая машиностроение. С увеличением средней продолжительности жизни и сокращением числа молодежи, вступающей в рабочую силу, машиностроительные компании сталкиваются с рядом вызовов, которые требуют понимания и активного решения [1,2].

**Цель работы** - анализ проблем, связанных со старением рабочих специалистов в машиностроении, и разработка рекомендаций по улучшению кадровой ситуации на предприятии Беларуси.

**Анализ полученных результатов.** Основные проблемы с устареванием кадров продиктованы следующими кадрами:

- Демографические изменения: Увеличение среднего возраста населения. В большинстве развитых стран наблюдается рост числа пожилых людей и сокращение числа молодежи.

- Недостаток притока молодежи: Молодежь все реже выбирает карьеру в машиностроении из-за стереотипов о тяжелом физическом труде и низкой привлекательности профессии.

- Нехватка образовательных инициатив: Есть недостаток образовательных программ, ориентированных на современные технологии машиностроения, что также негативно влияет на приток новых специалистов [3].

- Кадровый дефицит: Увеличение числа работников пенсионного возраста приводит к нехватке квалифицированных кадров. Это может снизить эффективность производства.

- Потеря знаний и опыта: Переход опытных сотрудников на пенсию приводит к потере уникальных знаний и навыков, необходимых для выполнения специфических задач.

- Увеличение нагрузки на сотрудников: Оставшиеся сотрудники сталкиваются с увеличением объемов работы, что может привести к выгоранию и снижению производительности.

Влияние на производительность и качество

- Снижение производительности: Старшие работники могут не справляться с темпами работы, предъявляемыми современными производственными процессами.

- Качество продукции: Ошибки, возникающие из-за недостатка квалификации или усталости, могут привести к ухудшению качества продукции, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на репутации компании.

Можно предложить следующие меры решения проблемы:

- Программы обучения и повышения квалификации: Важно разработать и внедрить учебные программы для привлечения молодежи и повышения квалификации существующих работников.

- Сотрудничество с учебными заведениями: Налаживание отношений с университетами и техническими колледжами позволит создать образовательные программы, больше соответствующие потребностям отрасли.

- Гибкие условия труда: Введение гибких графиков и возможностей для частичной занятости поможет сохранить опытных работников и улучшить их качество жизни.

- Автоматизация и технологии: Инвестирование в новые технологии и автоматизацию производственных процессов поможет снизить зависимость от ручного труда и улучшить производственные результаты [4].

- Создание привлекательной рабочей среды: Необходимо улучшение условий труда и повышение социальной защиты работников для привлечения молодежи в сектор.

- Устойчивое развитие: Применение инновационных решений в производственных процессах и увеличение числа молодых специалистов создаст основу для устойчивого развития отрасли в будущем.

**Заключение.** Старение рабочей силы в машиностроении – это серьезный вызов, который требует комплексного подхода к решению. Только путем внедрения образовательных инициатив, повышения привлекательности профессии и применения современных технологий можно обеспечить устойчивое развитие сектора и сохранить более высокие стандарты качества и производительности.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко Ирине Владимировне, доценту кафедры Технологии машиностроения за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Беляев Е. С. Старение как один из факторов снижения инновационного потенциала предприятий / Е. С. Беляева, Н. А. Ляпкина // Сибирская финансовая школа. 2015. №2 (109). С. 100-103.

2. Талтынов С. М. Работник старших возрастов в фокусе управления персоналом: теория и прикладные аспекты решения проблемы: монография / С. М. Талтынов, Е. В. Майер – Воронеж: Издательство Воронежский государственный университет, 2017. 116 с.

3. Невзорова, А. Б. Образовательная среда как симбиоз цифровых навыков преподавателей и студентов/ А. Б. Невзорова, Г. В. Петришин, В. В. Невзоров // Инженерное образование в цифровом обществе : материалы Межд. науч.-метод. конф., Минск, 14 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2. – Минск, БГУИР, 2024. – С. 52–53.

4. Shimanovsky A, Putsiata A, Kolomnikova O. Modeling of vehicle dynamics considering load relative movement. // Acta Mechanica Slovaca/ - 2008. - №12(3). - С.691.

# ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТРУКТУР В РАМКАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ $TiSi_2$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БТО

Демиденко Н.Е.

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

**Актуальность.** Формирование силицидов титана важно для повышения качества токопроводящих пленок в микроэлектронике. В работе предлагается улучшение параметров напыления и защита слоев от примесей.

**Цель работы.** Определить оптимальные параметры процесса формирования силицидов титана для улучшения их свойств и надежности.

Силициды титана формируются методом твердофазной реакции между пленками титана и кремния. Процесс включает очистку кремниевых пластин от оксида, нанесение пленок Ti или Ti/TiN и их обработку методом быстрого термического отжига (БТО). Слой Ti служит для образования силицида, а TiN для защиты от примесей при высоких температурах.

В работе использованы кремниевые пластины, легированные бором (12 Ом·см, ориентация (100)). Для подготовки применяли химическое травление в растворе плавиковой кислоты и ВЧ-очистку в аргоновой атмосфере. Нанесение пленок проводилось на установках магнетронного распыления Varian m2i и Endura 5500 PVD с мишенями титана высокой чистоты (99,999%).

Модульные установки позволяли выполнять последовательные процессы (напыление, термообработка) без контакта с атмосферой, что снижало загрязнение пленок. Конфигурация установок включала камеры загрузки, дегазации, ВЧ-очистки, напыления Ti/TiN и охлаждения.

Процессы напыления поддерживали постоянную температуру пластин. Напыление Ti выполнялось постоянным током, а TiN — реактивным методом в смеси аргона и азота. Завершающим этапом было охлаждение в вакууме с низким парциальным давлением примесей, что обеспечивало минимальные включения газов.

Основные параметры процессов напыления для Varian m2i и Endura 5500 PVD приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры процессов напыления

Параметры	Varian m2i	Endura 5500 PVD
Температура дегазации, °С	350	350
Режимы ВЧ - очистки		
Температура, °С	300	300
Предельный вакуум, не более Па	$6,6 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$

Рабочее давление аргона, Па	0,18	0,13
Мощность разряда, Вт	300	300
Скорость травления по SiO <sub>2</sub> , нм/с	0,4	0,95
Режимы напыления Ti		
Температура, °С	300	300
Предельный вакуум, не более Па	6,6·10 <sup>-6</sup>	6,6·10 <sup>-6</sup>
Рабочее давление аргона, Па	0,55	0,40
Мощность разряда, Вт	500	3000
Скорость нанесения, нм/с	0,9	3,2
Удельное сопротивление, мкОм*см	62	55
Режимы напыления TiN		
Температура, °С	300	300
Предельный вакуум, не более Па	6,6·10 <sup>-6</sup>	6,6·10 <sup>-6</sup>
Рабочее давление, Па	0,53	0,55
Соотношение расходов аргона и азота, см <sup>3</sup> /мин	15 : 28	25 : 75
Мощность разряда, Вт	7200	6600
Скорость нанесения, нм/с	1,9	1,8
Удельное сопротивление, мкОм*см	80	130

**Заключение.** В данной работе был разработан оптимальный процесс формирования силицидов титана, обеспечивающий высокую проводимость и устойчивость к примесям.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю Семченко А.В. – доценту кафедры радиофизики и электроники ГГУ имени Франциска Скорины за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### Литература

1. Мьюрарка Ш. Силициды для БИС / Ш. Мьюрарка. – М.: Мир, 1986. – 175 с.
2. Amorsolo A. V., Funkenbusch P. D., Kadin A. M. A parametric study of titanium silicide formation by rapid thermal processing //Journal of materials research. – 1996. – Т. 11. – №. 2. – С. 412-421.
3. Malashkevich, G. E., Poddenezhny, E. N., Melnichenko, I. M., Boiko, A. A., Gaishun, V. E., Semchenko, A. V., Maruszewski, K. Influence of saturation with hydrogen on the structure and spectroscopic properties of optical centers in Co-and Cu-containing silica gel-glasses. //Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 1998. – Т. 54. – №. 11. – С. 1751-1753.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ ПЕЧЕЙ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВЕ

Джумагулыева Л. (студент, гр. МТ-5)  
Государственный энергетический институт Туркменистана,  
г. Мары, Туркменистан

**Актуальность.** Туркменистан обладает большими запасами местного сырья для изготовления формовочного материала, используемого для получения чугунных отливок. В основном используется кварцевые пески Мяне-Чячинского, Бахарлинского и Кизилкалинского месторождения. Многие дефекты в отливках зависят от качеств формовочного материала [1].

При использовании кварцевых песков Мяне-Чячинского месторождения, после заливки определенного количества металлов внутренней поверхности печей образуется трещины с размерами 80-100 мм. Это приводит к потере тепла печей, поэтому после определенного количества заливок металла приходится футеровать внутреннюю поверхность печей заново [2,3]. Поэтому для футеровки внутренней поверхности печей используется кварцевые пески Кизилкалинского месторождения .

В результате исследование кварцевого песка на отдельном участке месторождения Мяне-Чяче в зависимости от его толщины по результатам химического анализа и размере зерен выявлены следующие элементы количественного распределения: состав оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) – 93,76%; оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – 1,93%; оксида железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – 0,66%. Толщина части кварцевого песка при количественном распределении размера зернистости составляет от толщины рабочей фракции (0,1-0,5 мм) 83,3% [1].

Для футеровки индукционных литейных печей готовится футеровочная смесь. Футеровочные материалов применяются кислые огнеупорные материалы, состоящие из чистого молотого кварцита и борной кислоты или борного ангидрида. В качестве связующего материала применяются Борная кислота или ангидрид. Примерный состав футеровочной смеси состоит в следующем:

- кварцит молотый, влажность которого должна быть не более 0,3%;
- борной ангидрид, влажность которого должна быть не более 0,2%;
- борная кислота, влажность которого должна быть не более 0,2%;
- стекло натриево жидкое;
- мортель огнеупорный, шамотный;
- высокоглиноземистый цемент;
- кислота ортофосфорная [2].

При этом толщина футерованного покрытия должно быть: 3-8 мм. Используемых в литейных индукционных печах, с теми материалами мы сравнили качества местных, которые должно быть использовано по имеющей технологии. Результаты показали, что местные материалы полностью удовлетворяют требование литейного производства. Местные материалы

гораздо дешевле обходиться по сравнению с привозимыми материалами, т.е. дает определенную экономическую выгоду.

На основании результатов опытов, проведенных в производстве, можно отметить, что при испытании 20 г образцов смеси, проведенной с соответствующей последовательностью, было получено 5,7-6,5 % влаги.

При возвращении газопроницаемости к естественной влажности (5,6%), определенной по формуле  $K=509,5 / PT$  (см/мин), были получены величины 30-37 см/мин.

Глинистые вещества в составе песка определяются методом промывки. Результаты эксперимента составляют 5-7%. Результаты определения размера зернистости, просеянной в сухом состоянии на сите, проведенные методом количественного распределения .

Выводы: для формовки образцов чугуна требуется песок, содержащий 3,5% влажности. В соответствии с требованиями литья при получении газопроницаемости (10-60 см/мин) приготовленного песка можно применять отливки, сделанные из цветных металлов. Появляется возможность использования его для производства чугуна при соблюдении соответствующих требований технологии. Основываясь на результатах анализа состава песка из месторождения Бахарлы, можно сделать вывод, что данный песок может быть использован не только для формовки внешней полости отливки, но и для формовки его внутренней полости [4].

#### **Литература**

1. Батманов, Б. Х. Исследование процесса глубокого обогащения природных кварцевых песков Туркменистана / Б. Х. Батманов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т имени П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2020. – С. 100–103.

2. Анныев Дж.А., Акмырадов Г.Ч., Дурдыбаев М., Нурмаммедов Ы.Н. Потенциальный анализ получения и использования кремния из кварцевого песка, встречающегося в Туркменистане// Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники: сборник статей Международной научно-практической конференции (07 апреля 2024 г, г. Казань). - Уфа: OMEGA SCIENCE, 2024. – С.8-9.

3. Бобарикин Ю. Л., Шишков С. В..Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого, 2011. - № 3 (46). С. 003-010.

4. Шалухо Н. М., Вацлавовна Л. Е., Коридорова А. С. Получение и исследование свойств алюмосиликатных связок для легковываемых литейных форм //Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – №. 2 (247). – С. 153-158.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Долгий Б.И. (студент, гр. ТМ-31)

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

**Актуальность.** Оценка остаточной прочности магистральных трубопроводов после продолжительной эксплуатации представляет собой чрезвычайно актуальную задачу, от решения которой зависят изменения режимных параметров работы, оптимальный график замены труб, выработавших свой ресурс, и связанная с этим экологическая безопасность окружающей среды. Эффективное решение задач диагностики и оценки остаточного ресурса эксплуатации трубопроводов позволяет вовремя оценить критическую ситуацию и вовремя принять необходимые меры для ее предотвращения [1].

**Цель работы** – проанализировать современные методы исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) трубопроводов, выявить их положительные и отрицательные стороны.

**Анализ полученных результатов.** Одними из важнейших являются показатели долговечности и надежности линейной части трубопроводов, которые включают в себя изменение прочностных характеристик металла в процессе эксплуатации, связанные с изменением структурных параметров металла труб, изменением толщины стенки и допустимого давления вследствие коррозионных повреждений. В этом случае прогнозирование остаточного ресурса трубопровода осуществляется с учетом двух показателей: интенсивности коррозионных процессов и ресурса по минимальной прочности трубы и по определению времени эксплуатации металла трубы по малоцикловым нагрузкам [2].

Методы механики разрушения широко используются для оценки безопасности ответственных конструкций. Чаще всего используются численные методы решения задач, различные версии метода конечных элементов и реже изучаются натурные конструкции.

Каминский А.А. предлагает модель предельного вязкого состояния трубы с осевой трещиной при нагружении внутренним давлением. При этом предельная пластическая область ищется в виде прямоугольника с заранее неизвестными границами. Лежнев А.А. обосновывает возможность оценки величины разрушающего давления в трубопроводах, содержащих осевую трещину, используя диаграмму разрушения.

Недостатки этих методик – при анализе дефектов не учитывается специфика геометрии поверхности дефектов и расположения их на поверхности трубопровода. В их основу не заложена реальная физическая модель поведения материала в зоне дефекта. В силу своей приближенности методики дают заниженную оценку прочности и не позволяют оценить

реальную опасность дефектов.

На практике для задач со сложной геометрией и условиями нагружения чаще всего применяются различные численные методы, к числу которых относятся метод конечных элементов (МКЭ), метод конечных разностей (МКР), метод граничных элементов (МГЭ) и др.

В соответствии с процедурой МКЭ рассматриваемую область разбивают на конечные элементы, форма которых допускает простое параметрическое описание. МКР основан на замене дифференциальных уравнений соответствующими уравнениями в конечных разностях. МГЭ базируется на составлении и численном решении граничных интегральных уравнений. Он успешно применяется в качестве универсального численного метода для решения задач теории упругости и механики трещин. С его помощью можно решать задачи с использованием дискретизации только границы области, в то время как МКЭ и МКР этого не позволяют. Также при расчетах используются метод потенциалов, который часто применяется при решении трехмерных задач, и метод граничных коллокаций (МГК), который позволяет вместо дифференциальных уравнений использовать систему линейных алгебраических уравнений. МГК значительно упрощает решение задачи, однако область его применения ограничена [2].

Несмотря на высокую эффективность современных численных методов, экспериментальные методы: электротензометрический, поляризационно-оптический, проникающих излучений, муаровых полос и делительных сеток, оптически чувствительных покрытий и др., широко используются при решении задач прочности ослабленных элементов конструкций.

**Заключение.** Теоретически обоснованная методика оценки должна базироваться на численном анализе НДС в зоне дефектов и критерии прочности, пригодным для описания процесса разрушения в зоне потери металла с любой конфигурацией поверхности. Наряду с необходимостью дальнейшего развития системы технического диагностирования трубопроводов, позволяющей оценивать НДС и степень повреждения металла труб с течением времени, требует решения ряд задач, связанных с ремонтом дефектных участков и гарантии долговечности.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Акуловой Е.М., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1 Невзорова, А. Б. Значение гидравлического моделирования для устойчивой работы сетей водоснабжения / А. Б. Невзорова, В. В. Невзоров // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Международной научно-практической конференции, Гомель, 22 марта 2023 года. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 79–82.

2. Капанский А. А. Современные стратегии использования искусственного интеллекта для предотвращения аварий в технических системах ресурсоснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2024. – Т. 16. – №. 1 (61). – С. 38-51.

## ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РАСКЛИНИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ВЫНОСА ИЗ ТРЕЩИНЫ

Дубина Д.А. (магистрант гр. ЗНГИ-11)

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

**Актуальность.** Для достижения положительного эффекта в гидравлическом разрыве пласта (ГРП) важно избежать ряд факторов, которые могут привести к негативным эффектам в постоперационный период [1]. Одним из таких факторов является вынос проппанта из трещины. После выноса проппанта, трещина теряет способность поддерживать необходимую проводимость, что приводит к уменьшению продуктивности пласта [2]. Помимо этого, незакрепленные частицы расклинивающего материала, поступая совместно с добываемым флюидом в скважину, могут привести к повреждению насосного оборудования, различным технологическим осложнениям.

Однако, на текущий момент есть сложности принятия рабочей методики, которая бы позволила описать процесс взаимодействия частиц расклинивающего агента в пластовых условиях, а состояние в пласте за пределами ствола скважины имеет неопределенности, которые невозможно решить в лабораторных испытаниях.

**Цель работы** – проанализировать применение расклинивающих агентов на основе термореактивных синтетических смол (RCP) для минимизации рисков выноса из трещины при проведении ГРП.

**Результаты анализа.** Для повышения эффективности ГРП необходимо уметь правильно подбирать проппант и успешно закреплять его в трещине. Для этого необходимо проанализировать случаи, когда используется тот или иной проппант для создания каркаса трещины при проведении ГРП на месторождениях [3].

Условие выноса проппанта из трещины гидроразрыва, определяется критическим дебитом пластовой жидкости при её фильтрации. Когда фактический дебит жидкости превышает критическое значение, начинается вынос проппанта из трещины.

Ещё одной причиной выноса проппанта является разрядка скважины, проводимая после ГРП. Негативным фактором данного процесса является резкое увеличение гидродинамического потока. Данный эффект обусловлен большой разницей значений проницаемости между пластом и проппантом, который и приводит к большому перепаду давлений «пласт-трещина».

С целью повышения эффективности операций ГРП, для решения проблемы предотвращения выноса используются проппанты с покрытием из термореактивных синтетических смол, отверждающихся в пластовых условиях при повышенных температурах. Это позволило существенно снизить вынос проппанта, однако в данном случае проводимость трещины ухудшается.

При изготовлении пропантов данного вида используются преимущественно резольные фенолформальдегидные смолы. Они закачиваются, как правило, на последней стадии проведения ГРП. RCP нужно время для спекания или схватывания. Чем ниже температура пласта, тем больше времени потребуется для осуществления данного процесса. Так же здесь должен участвовать эффективный минимальный горизонтальный стресс (напряжение), который давит на стенки трещины. Чем он выше, тем быстрее «схватится» (рисунок -1).

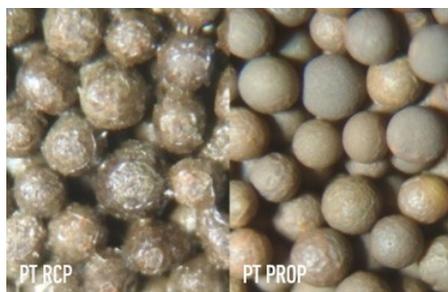


Рисунок 1 - Самозакрепление RCP-пропанта

**Заключение.** Преимуществ замены расклинивающих агентов на пропант с покрытием из фенолформальдегидных смол – отсутствие выноса. Данный эффект достигается за счёт естественного снижения показателя проницаемости, который конечно несёт за собой снижение проводимости трещины однако у данной технологии имеются существенные преимущества, если не использовать RCP, то произойдет вынос пропанта, что приведет к отказу электроцентробежного насоса. Необходимо будет глушить скважину для замены насосов, что в итоге ещё больше ухудшает проводимость трещины, и повреждает пласт.

#### **Литература**

1. Васильев В. А., Кадина А. А. Оценка устойчивости заполнителя трещины при гидроразрыве пласта //Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2010. – №. 4. – С. 6-8.
2. Акимов О.В., Гусаков В.Н., Мальцев В.В., Худяков Д.Л. Потенциал технологий закрепления пропанта для повышения эффективности ГРП // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 11. –С. 31–33.
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.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВ ИЗНОСА РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Дубинский В.А. (студент, гр . ГА-31)

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

**Актуальность.** Одной из актуальных проблем при эксплуатации центробежных насосов является износ рабочего колеса. Изучение типов износа и их анализ в применении к определенным условиям эксплуатации позволяет минимизировать потери материала, увеличить ресурс, а также определить методы восстановления поверхностей и прочности рабочего колеса с целью продления сроков службы насоса.

**Цель работы** изучить типы износа рабочего колеса центробежного насоса КМ100-80-160Е для заданных условий эксплуатации и определить наиболее рациональные способы восстановления его работоспособности.

**Анализ полученных результатов.** Существует два типа износа: гидроабразивное и кавитационное [1].

Характерное расположение зон местного износа рабочих колес центробежных насосов показано на рис. 1.

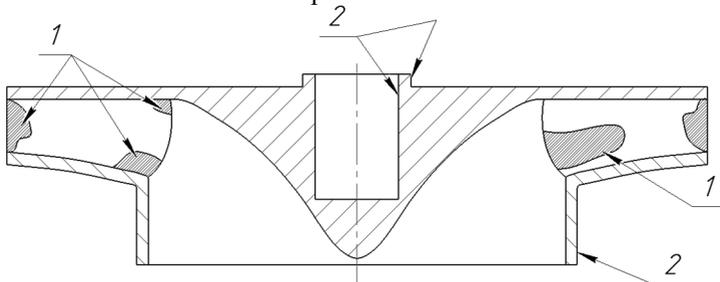


Рисунок 1 - Износ рабочего колеса центробежного насоса КМ100-80-160Е: 1 - гидроабразивный и кавитационный; 2 – механический

Абразивное изнашивание материала происходит в результате механического воздействия на него (резания или царапания) твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. При этом с изнашиваемой поверхности удаляется материал либо в виде очень тонкой стружки, либо в виде фрагментов, предварительно выдавленных из деформированной царапины, либо в виде дисперсных частиц, хрупко отрывающихся при однократном или многократном воздействии.

Гидроабразивное изнашивание является разновидностью абразивного изнашивания, когда износ происходит при совместном воздействии на

материал детали твердых абразивных частиц и потока воды, несущего эти частицы.

Кавитационное изнашивание следствием возникновения кавитации, возникновения микроударов и разрушение поверхности рабочих колес.

Наибольшему гидроабразивному и кавитационному износу подвержены рабочая поверхность, входные и выходные кромки лопастей и места сопряжения лопастей с дисками. Гидроабразивный износ проявляется в виде рисков на поверхностях, совпадающих с направлением потока. Кавитационный износ характеризуется появлением пористости и раковин. В результате их совместного воздействия износ рабочего колеса может за относительно короткий срок достигнуть размеров, затрудняющих его нормальную эксплуатацию и даже делающих ее практически невозможной.

Ремонт рабочего колеса зависит от типа и степени повреждения.

Каверны глубиной до 1 мм на небольшой площади ликвидируются зачисткой поврежденных мест наждачным камнем и последующим шлифованием. до получения ровной гладкой поверхности.

Ремонт больших повреждений производят методом ручной электронаплавки. При наплавке используют специальные электроды, которые создают поверхностный слой с повышенной кавитационной стойкостью.

Отдельные участки лопастей, особенно входные и выходные кромки, могут иметь сквозные (на всю толщину) разрушения. В таких случаях при ремонте вырезают поврежденные участки и вместо них вставляют и приваривают стальные пластины, выгнутые по профилю лопасти.

**Заключение.** При несоблюдении мер уменьшения износа рабочего колеса произойдет его быстрый износ до критических показателей, что приведет к уменьшению основных характеристик насоса. В случае ремонта рабочего колеса существует определенный алгоритм в зависимости от типа и степени повреждения. Насоса КМ100-80-160Е, работающий в системе перекачки автомобильного бензина, при заданных условиях эксплуатации (установка насоса с подпором и перекачивание из закрытого резервуара) будет испытывать в большей степени гидроабразивное изнашивание. Ремонт и осмотр деталей насоса должен производиться по установленному графику ремонтного цикла, что позволит увеличить до максимума срок службы данного насоса.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевце Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидронневоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Хазеев Е. В., Андреевце Ю. А., Пупенко К. В. Анализ имитационного моделирования гидравлических систем мобильных машин в различных программных комплексах. - МИАР, 2022. - С.18-22.

## СИНТЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

Дубовиков Ф.В. (студент, гр. И-11)

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

**Актуальность.** Углеводородное топливо, используемое в традиционных автомобилях, способствует выбросам парниковых газов и загрязнению воздуха, что негативно сказывается на здоровье человека и экосистемах [1, 2]. С другой стороны, производство и утилизация батарей для электромобилей могут вызывать экологические проблемы, включая добычу редкоземельных металлов и накопление токсичных отходов.

**Цель работы** – изучить синтетическое топливо, его разновидности, преимущества и недостатки и как его использование влияет на безопасность движения транспортных средств и экологию окружающей среды.

К преимуществам жидких углеводородов можно отнести то, что они хранятся без ограничения времени. Они легко транспортируются железнодорожным, автомобильным и морским транспортом, а также с помощью трубопроводов. Для использования их можно дозировать и делить на части, добываясь оптимального КПД. На углеводородном топливе с огромными ресурсом прекрасно работают двигатели внутреннего сгорания.

Примером использования альтернативных источников энергии считается и водородная энергетика. Разрабатываются, например, планы по устройению сети производства и распределения водорода по всему миру. Из несомненных преимуществ водорода: он как уникальное топливо при сгорании дает только воду.

Следующий вид альтернативного топлива — так называемое биотопливо. Это смесь спиртов и растительных масел, получаемое путем переработки разнообразного биологического сырья. К недостаткам биотоплива относятся низкое энергосодержание и то, что его состав невозможно стандартизировать.

В противоположность биотопливу углеводородное топливо стандартизируются по десяткам различных параметров. Из разных сортов нефти - например, из северорусской парафинистой нефти, вязкой белой массы похожей на мыло, и из грозненской нефти, желтоватой легкой жидкости с малым содержанием смолистых веществ - на нефтеперерабатывающих заводах получается по качеству один и тот же бензин строго определенной марки.

Синтетическое топливо – это топливо, абсолютно совместимое с нефтяным топливом, но произведенное не из нефти. Синтетическим топливом можно будет заправлять топливные баки большинства современных автомобилей, то есть это та же самая смесь углеводородов.

Проблемы, которые призвано решить синтетическое топливо:

1. Улучшение экологической обстановки, особенно в больших городах. Уменьшение присутствия ядовитых компонентов топлива не только в выхлопе, но и как результат техногенных катастроф и от разливов топлива.

2. Избавление от нефти как от единственного источника углеводородного топлива. Возможность использования при его производстве газа (как самого доступного и чистого ископаемого источника углерода), а также угля, древесины и даже городских отходов.

Таким образом, синтетическое топливо обеспечивает замечательные экологические свойства и превосходит топливо из нефти.

Существует и развивается несколько технологий получения синтетического топлива. Над ними работают большое количество научных и инженерных групп в самых разных странах мира. Многие связывают с синтетическим топливом будущую страницу развития автомобильной промышленности и транспорта.

Спирт обладает целым рядом преимуществ по сравнению с нефтяным топливом, и только большая стоимость, малая теплопроводность, высокая гигроскопичность и повышенное содержание альдегидов препятствуют его массовому применению в качестве топлива для ДВС.

Углеродно-нейтральное топливо — топливо, которое не вызывает чистых выбросов парниковых газов или углеродного следа. На практике это обычно водород или топливо, которое производится с использованием диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) в качестве сырья.

Электротопливо (Electrofuel, e-fuel) — один из видов синтетического топлива, класс углеродно-нейтральных заменяющих видов топлива, которые производятся с помощью электроэнергии из возобновляемых источников. Они являются альтернативой авиационному биотопливу.

**Заключение** - Синтетическое топливо с точки зрения массового использования в ДВС может быть «мостом» между традиционной нефтью и аккумуляторами. На данный момент наиболее распространенными являются первое и второе поколения биотоплива, наиболее перспективными — углеродно-нейтральное топливо eFuel и водород.синтетическое топливо во много раз экологичнее бензина и дизеля.

**Благодарность** - *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Лапко Ольге Алексеевне, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### Литература

1. Скирковский, С.В. Оценка безопасности дорожного движения на этапах проектирования транспортной сети / С.В. Скирковский, А.Б. Невзорова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Ч. 1. – С. 73–75.

2. Аудит безопасности дорожного движения / Д.В. Капский [и др.] ; науч. ред. Д.В. Капский. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 428 с.

# ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА И НАНЕСЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСЕВОЙ ИНСТРУМЕНТ

Дубоделова П.В. (студент гр.РТ-31)

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

**Актуальность.** Использование современных высокопроизводительных и дорогостоящих металлорежущих станков, оснащенных системами ЧПУ и адаптивного управления, особенно в условиях гибких автоматизированных производств и мехатронных станочных систем, повышает требования, предъявляемые к качеству и надежности режущего инструмента. При этом инструментальный материал должен одновременно обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и закономерных напряжений [1].

Нанесение износостойких покрытий является эффективным методом повышения производительности режущих инструментов. При этом не происходит изменения химического состава поверхности инструмента, так как на нее наносится тонкий слой покрытия [2].

**Цель работы.** Проанализировать износостойкие покрытия, наносимые на осевой инструмент, их свойства и преимущества.

## **Анализ полученных результатов**

На осевой инструмент из быстрорежущей стали и твердого сплава покрытия наносятся методом PVD (физический метод), который протекает при температурах не ниже 600°C и, таким образом, не происходит изменение свойств инструментального материала. Покрытия обладают более высокой твердостью и износостойкостью, чем инструментальный материал.

Кроме того, они разделяют инструментальный и обрабатываемый материалы, выполняют функцию термоизоляционного слоя. Внешний вид осевого инструмента с различными поверхностными методами обработки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 –Осевой инструмент с различными поверхностными методами обработки

Сравнительная характеристика свойств различных методов обработки представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика поверхностных методов обработки

Обработка поверхности	Метод	Свойства
Паротермическая обработка	Паротермическое оксидирование	Универсальная обработка быстрорежущей стали
Паротермическая обработка	Паротермическое оксидирование	Универсальная обработка направляющих ленточек инструментов из быстрорежущей стали
TiN	Покрытие TiN	Универсальное покрытие
TFT	Покрытие Tinal-TOP	Высокоэффективное покрытие с низким коэффициентом трения
TFP	Покрытие вершины Tinal	Высокоэффективное покрытие для оптимального отвода стружки
XPL	Покрытие AlCrN	Высокоэффективное покрытие для оптимальной износостойкости

Широкое промышленное использование РИ с износостойкими покрытиями позволяет решать целый комплекс следующих вопросов: значительно повысить период стойкости и надежность РИ; увеличить производительность процессов обработки резанием; сократить удельный расход дорогостоящих инструментальных материалов и дефицитных элементов (вольфрам, молибден, тантал, кобальт) для их изготовления; расширить область использования твердых сплавов и сократить номенклатуру применяемых сплавов стандартных марок; повысить качество поверхностного слоя и точность размеров обработанных деталей.

**Заключение.** Инструменты с износостойкими покрытиями обладают большей стойкостью при одновременном повышении скорости резания и подачи.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Лапко О.А. старшему преподавателю кафедры «Механика», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### Литература

1. Михайлов М. И., Лапко О. А. Влияние параметров торцевой фрезы на размеры срезаемого слоя и вид обработанной поверхности //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – №. 11. – С. 52-57.

2. Петришин Г. В., Пантелеенко Е. Ф., Пантелеенко А. Ф. Диффузионно-легированный стальной порошок для магнитно-электрического упрочнения //Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. – №. 4. – С. 26-31.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В МАТРИЧНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ЧАСТОТЫ

**Евреинова М.В.** (магистрант, гр. АЭ-21)

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

**Актуальность темы.** Матричные преобразователи частоты (МПЧ) являются одним из перспективных направлений развития преобразовательной техники благодаря возможности рекуперации энергии без помощи дополнительных устройств, высоким значениям КПД и коэффициента мощности, отсутствию в силовой части дорогостоящих электролитических конденсаторов, значительному снижению входных гармонических искажений.

Однако, по ряду причин, данный тип преобразователей применяется сегодня достаточно редко. Процессы, происходящие в матричных преобразователях, являются довольно сложными и многофакторными. Математическое моделирование позволит глубже понять эти процессы, оптимизировать их и разрабатывать новые подходы к управлению. Об актуальности исследований МПЧ путём математического моделирования свидетельствуют многочисленные публикации последних лет [1, 2].

**Целью работы** является создание точной и надежной математической модели, которая учитывает все ключевые аспекты работы МПЧ, включая динамические, нелинейные и температурные эффекты. Полученную в ходе исследования модель планируется использовать для поиска методов, позволяющих оптимизировать способ управления МПЧ для достижения максимальной производительности и минимизации энергозатрат.

Существующие модели матричных преобразователей частоты имеют ряд ограничений, которые могут влиять на их точность и применимость. Многие модели используют упрощения, такие как идеальные условия работы, что может не отражать реальное поведение преобразователя.

Некоторые модели могут не учитывать динамические процессы, происходящие в системе, особенно при быстром изменении нагрузки или внешних условий. Модели могут не учитывать нелинейные характеристики компонентов, таких как индуктивности и емкости, что может приводить к значительным ошибкам. Часто модели строятся на основе обобщенных данных о компонентах, что может снижать точность расчетов и результатов.

На данном этапе выполнения исследований мной реализована простая модель МПЧ, основанная на скалярном способе управления. Модель выполнена в среде Matlab Simulink (рис. 1).

Модель включает: силовую часть матричного преобразователя (*matrix\_conv*), состоящую из 9-и двунаправленных ключей; блок формирования трёхфазных силовых напряжений (*power*), содержащий 3 программируемых источника синусоидального сигнала, образующих

трёхфазную систему напряжений; блок формирования синхронизирующих импульсов (*synchro*); блок широтно-импульсной модуляции (*PWMI*), предназначенный для задания желаемой частоты выходного напряжения; блок логики распределения управляющих импульсов (*logic*), позволяющий распределять импульсы на ключи блока *matrix\_conv* в соответствии с логикой работы блоков *synchro* и *PWMI*; трёхфазную симметричную нагрузку (*load*).

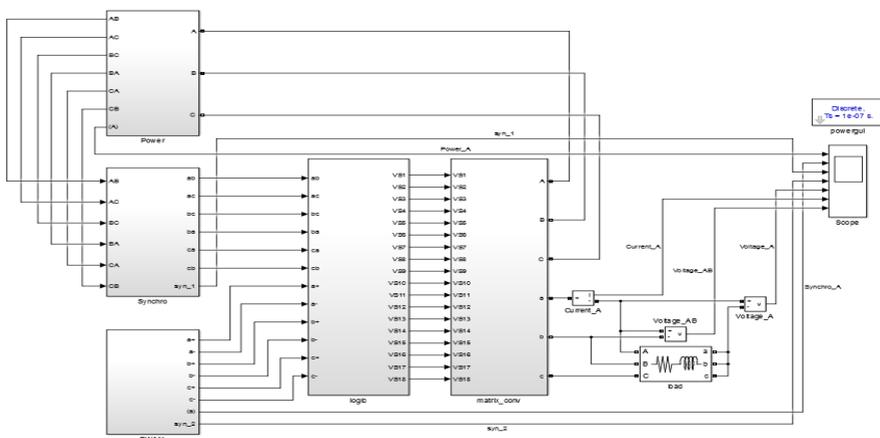


Рисунок 1 – Модель МПЧ в среде Matlab Simulink

**Заключение.** В результате проделанной работы создана эффективная и точная модель, которая может быть использована для анализа и симуляции работы МПЧ. Разработанная модель позволяет просто и наглядно отображать изменения частоты и других параметров сигнала в различных условиях. Таким образом, данная работа поможет исследовать и оптимизировать процессы работы преобразователя частоты, что является важным этапом в разработке электротехнических устройств. Также на основе этой модели можно построить более сложные модели, например на базе пространственно-векторного способа управления.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю к.т.н., доценту Савельеву В.А. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### Литература

1. Кисляков, М.А. Управление матричным непосредственным преобразователем частоты вторичных источников электропитания автономных объектов / М.А. Кисляков, К.К. Крутиков, В.В. Рожков // *Электричество*, 2021, № 7, с. 41–50.

## БУФЕРНЫЕ ЖИДКОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Евсиков Е.А. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** Повышение качества цементирования обсадных колонн в скважинах является актуальной и сложной научно – технической проблемой.

Большое количество скважин после первичного цементирования либо после краткосрочной эксплуатации осложняется и требует проведения трудоемких и дорогостоящих ремонтно – изоляционных работ. Разнообразные осложнения, в значительной мере, зависят от составов применяемых буферных и тампонажных материалов при первичном цементировании всех обсадных колонн [1, 2].

Основными моментами для обеспечения продуктивности и качества строительства скважин является их крепление обсадными колоннами, с равномерным заполнением тампонажной смесью заколонного пространства, формированием в нём непроницаемой крепи, отсутствием межколонных давлений и перетоков газа, сохранением коллекторских свойств продуктивного пласта, увеличением срока эксплуатации и надёжности скважины.

**Цель работы** – изучение классификации буферных жидкостей по различным критериям (физическим свойствам и составу), технологии применения буферных жидкостей, их рецептуры для повышения качества цементирования обсадных колонн в скважинах.

**Анализ полученных результатов.** Существенную значимость в вопросах качественного крепления имеет состав буферной жидкости, её тип и объём. Буферная жидкость – это флюид, предотвращающий перемешивание бурового и тампонажного растворов и очищающий ствол скважины от остатков бурового раствора. Отсутствие буферных жидкостей может привести к коагуляции бурового и тампонажного раствора в зоне их смешения, в результате чего снижается степень вытеснения бурового раствора.

В качестве буферных жидкостей могут выступать: вода, нефть и нефтепродукты, водные растворы солей, растворы кислот и т.д. В настоящее время использование буферных жидкостей перед тампонажным раствором, при цементировании обсадных колонн, независимо от их назначения, обязательно.

Универсальных буферных жидкостей, пригодных для широкого использования при всех условиях бурения, нет, поэтому применяют различные виды буферных жидкостей (утяжеленные, комбинированные, аэрированные, эрозийные, вязкоупругие разделители, нефть и нефтепродукты, растворы кислот) .

Выбор типа буферной жидкости базируется на лабораторной проверке совместимости ее с конкретными буровым и тампонажным растворами.

Удаление бурового раствора буферной жидкостью в турбулентном режиме — одна из самых эффективных и распространенных технологий цементирования. Использование буферной жидкости позволяет качественно очистить ствол скважины: полноценно удалить фильтрационную корку, а также частицы породы и бурового раствора, что улучшает качество цементирования обсадных колонн. Правильно подобранный буровой раствор можно вытеснить буферной жидкостью и в ламинарном режиме течения.

В практике цементирования обсадных колонн широкое распространение получили комбинированные буферные агенты следующего компонентного состава:

- вода техническая и ПАВ (химическая промывка) для удаления фильтрационных корок и пленок на обсадных трубах с целью улучшения контакта с камнями – 3 м<sup>3</sup>;
- высоковязкий химвуфер (2 % раствор КМЦ) для вытеснения буровых растворов из заколонных и межколонных пространств – 3 м<sup>3</sup>;
- отмывочный ПЦ раствор плотностью 1300 кг/м<sup>3</sup> для удаления из заколонных и межколонных пространств высоковязкого химвуфера – 3 м<sup>3</sup>.

В целях предотвращения загрязнения объектов природной среды в рабочих проектах на строительство скважин предусматриваются утилизация (полезное повторное использование) и захоронение отходов бурения. Основным принципом, которым необходимо руководствоваться при определении объемов ОБР, является принцип расчета ОБР по интервалам бурения, заданных конструкцией скважины.

**Заключение.** Выбор типа буферной жидкости базируется на лабораторной проверке совместимости ее с конкретными буровым и тампонажным растворами. При смешении буферной жидкости с буровым раствором не должны повышаться реологические параметры зоны смешения, а смесь ее с тампонажным раствором не должно характеризоваться снижением растекаемости и уменьшением времени загустевания раствора.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Аткинковой Татьяне Владимировне, Старший преподаватель, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Горбаченко В.С. Разработка устройства для герметизации устьевого полированного штока установки штангового глубинного насоса //Вестник Гомельского государственного технического университета имени ПО Сухого. – 2021. – №. 2 (85). – С. 122-129.
2. Агзамов Ф. А., Садртдинов Р. Р. Отмывающая способность буферной жидкости с добавками поверхностно-активных веществ //Булатовские чтения. – 2018. – Т. 3. – С. 23-27.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

**Жуковский А.М.** (аспирант)

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

**Актуальность.** Рациональный подход к эффективной разработке нефтяных и газовых месторождений требует наличия достоверных данных о термобарических условиях, свойствах флюидов и породы, а также процессах, происходящих в пласте. В данной работе предлагается уделить особое внимание механическим свойствам горных пород и оптимизации гидроразрыва пласта, предотвращения осложнений при бурении, оценки усадки пласта и др.

**Целью данной** работы является проведение комплекса лабораторных исследований по оценке механических параметров для различных литологических разностей месторождений Припятского прогиба с помощью установки псевдотрехосного нагружения, а также определение корреляционных закономерностей между выявленными характеристиками и петрофизическими параметрами, с возможностью применения полученных результатов для построения и калибровки геомеханической модели.

**Анализ полученных результатов.** На установке псевдотрехосного сжатия RTR1000 освоены методики по определению механических свойств горных пород Припятского прогиба. К механическим свойствам горных пород относят упругие (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, объемный модуль) и прочностные (предел прочности на растяжение, предел прочности на сжатие, угол внутреннего трения) параметры. Выделяют динамические и статические упругие модули: динамические определяют по скоростям распространения продольных и поперечных волн, прямые статические методы подразумевают непосредственное механическое воздействие на образец до его полного или частичного разрушения. Результаты, полученные статическими методами, являются более достоверными и отражают реальные свойства как однородной, так и неоднородной породы, однако разрушают образец, тем самым не позволяя проводить на нем другие исследования. По этой причине в последнее время активно развивается направление «цифрового керна», позволяющее создавать цифровой двойник образца керна с возможностью неограниченного проведения на нём цифровых лабораторных испытаний.

В результате выполненных испытаний были построены паспорта прочности горных пород. Паспортом прочности горной породы является кривая, огибающая предельные круги напряжений Мора в координатах нормальных и касательных напряжений. При интерпретации паспорта прочности (рисунок 1) определяют набор параметров, характеризующих прочностные характеристики материала: предельное сопротивление срезу

(сцепление или когезия –  $C_0$ ) и угол внутреннего трения ( $\varphi$ ) – угол между касательной к огибающей и осью нормальных напряжений.

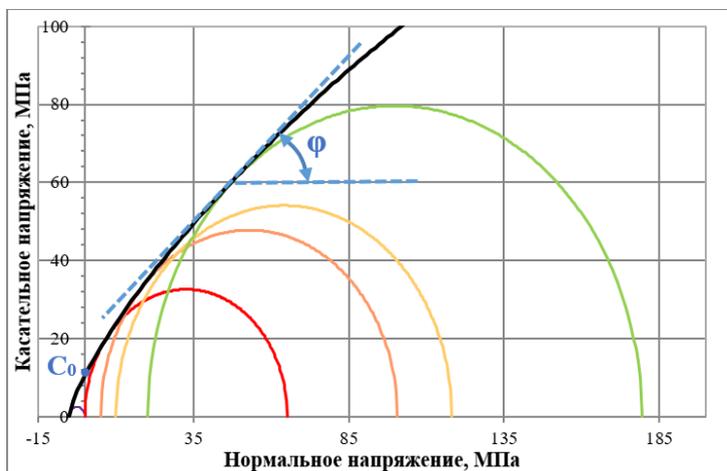


Рисунок 1 – Паспорт прочности 1-ой группы образцов скважины 71 С-Домановичского месторождения нефти

На установке псевдотрехосного сжатия RTR1000 апробированы методы определения параметров сжимаемости горных пород: испытания эффективным напряжением и истощением. Проведен сравнительный анализ результатов. В работе предложен подход анализа и интерпретации информации для определения общей сжимаемости, сжимаемости твердой фазы и порового объема при проведении лабораторных испытаний на предел прочности при трехосном сжатии.

**Заключение.** В результате выполненной работы была получена информация о механических свойствах горных пород Припятского прогиба, впервые получены регрессионные зависимости, позволяющие произвести расчет упруго-прочностных параметров и сжимаемости порового пространства для действующих пластовых условий по каротажным данным. Полученные результаты позволят повысить эффективность геомеханического моделирования при разработке нефтяных месторождений Припятского прогиба.

### Литература

1. Повжик П. П. и др. Увеличение КИН на истощённых залежах с низким пластовым давлением //Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2018. – №. 6. – С. 64-68.
2. Демяненко Н. А., Повжик П.П., Галай М.И., Третьяков Д.Л., Драбкин А.В., Ревяков П.В. Новые технологии для месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов Припятского прогиба //Время колтюбинга, время ГРП. – 2015. – №. 5. – С. 22.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОЙ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ МАШИН ТИПА ТАНК

Зеленковский Д.И. (студент, гр. ГА-11)

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

**Актуальность:** Военная мобильная техника использует в своих машинах гидравлические и пневматические системы, которые позволяют на машинах типа танк автоматизировать процессы движения и торможения, управления движением рабочих органов и многие другие.

**Цель:** Выполнить анализ пневматических систем самоходных военных машин типа танк.

Результат работы: На примере военной машины танка Т-72 рассмотрена общая конструкция пневмосистемы машины (рис.1). Воздушная система включает: компрессор (21); влагомаслоотделитель (13) с клапаном слива отстоя (12); автомат давления АДУ-2С (16); отстойник (4); кран отбора воздуха (5); воздушные баллоны - 2шт (1,2); манометр (6); пусковой клапан (7); устройство для консервации двигателя (17); воздухораспределитель (16); клапаны воздухопуска - 12 шт.; редуктор ИЛ 611-150/70 (10, 23); электропневмоклапаны ЭК-48 -3 шт. (11, 20, 22); трубопроводы; система гидропневмоочистки прибора наблюдения механика-водителя (90).

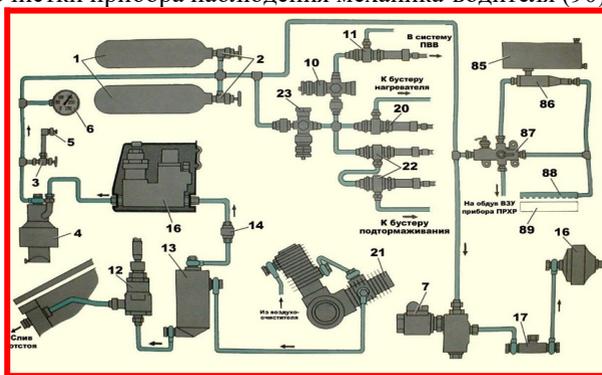


Рисунок 1

В работе описано назначение элементов пневматической системы. Автомат давления АДУ-2С служит для автоматического регулирования давления сжатого воздуха в баллонах, установлен в герметичном кожухе, крепится через амортизаторы к масляному баку двигателя; воздушные баллоны используются для хранения запаса сжатого воздуха и крепятся на верхнем наклонном броневом листе корпуса в носовой части отделения управления; пусковой клапан служит для подачи сжатого воздуха в воздухораспределитель двигателя при его пуске; устройство для консервации

двигателя кроме консервации двигателя выполняет запираНИЕвоздушной магистрали.

Система ГПО прибора наблюдения механика-водителя предназначена для очистки стекла прибора и стекла прицела наводчика; электропневмоклапаны ЭК-48 служат для подачи воздуха из системы к бустеру приводов клапанов нагнетателя и к бустерам устройства подтормаживания; два ЭК-48 установлены в боевом отделении у перегородки у правого борта за нагнетателем, один на крыше корпуса.

Рассмотрены принципы работы пневмосистемы в целом и элементов пневмосистемы: компрессора, клапана слива отстоя, влагомаслоотделителя, воздухораспределителя, редуктора.

При движении поршня вниз в цилиндре создается разрежение, впускной клапан открывается, и воздух, поступающий по трубо-проводу из воздухоочистителя, заполняет пространство над поршнем. При движении поршня вверх впускной клапан закрывается, и начинается сжатие в цилиндре первой ступени. Сжатый воздух открывает нагнетательный клапан и по трубке через впускной клапан поступает в полость второй ступени сжатия. При движении поршня вниз воздух, находящийся в полости второй ступени, сжимается и, открывая нагнетательный клапан, по трубке поступает через впускной клапан в рабочую полость третьей ступени.

При движении поршня вверх открывается нагнетательный клапан третьей ступени, и воздух под давлением поступает в систему.

С влагомаслоотделителем, соединен клапан слива отстоя, установленный в трансмиссии на правой борту корпуса у кормового листа и служит для выпуска отстоя из влагомаслоотделителя.

**Вывод:** Выполнен анализ конструкций пневматических систем, используемых в мобильной военной технике, определены их недостатки и достоинства, что позволит критически подходить к проектированию и модернизации таких систем, а также сделать их более компактными дешевыми в производстве.

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

### **Литература.**

1. 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. – 2018. – №2(73). – С.7-13.
2. Гинзбург А.А., Пинчук В.В. Критерии выбора параметров исполнительных органов гидроприводов с адаптацией к нагрузке// Вестник ГГТУ имени П.О.Сухого. – 2007. – № 3(30). – С. 38-44.

## ПОДДЕРЖАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПО ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Капинский Н.О. (аспирант)

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

**Актуальность.** В условиях Крайнего Севера, особенно при экстремально низких температурах, инженера по добыче нефти и газа сталкиваются со множеством проблем при подъеме нефтесодержащей жидкости и последующей транспортировкой ее на технологические установки [1].

**Цель работы-** выбор оптимальных мероприятий для поддержания стабильной работоспособности технологии добычи нефти и газа в условиях арктического климата.

**Анализ полученных данных.** Мониторингом и поддержанием работоспособности технологии по добыче нефти и газа на нефтегазодобывающем предприятии занимается диспетчер Центрального инженерно-технологического управления(далее-ЦИТУ). В его обязанности входит контроль параметров электро-центробежного насоса(далее-ЭЦН), данный насос изображен на рисунке 1а и давлений в фонтанной арматуре(рисунок 1б).



Рисунок 1 – ЭЦН (а), фонтанная арматура (б)

Основными параметрами работы ЭЦН являются:ток, нагрузка,  $P_{\text{прим}}$ ,  $T$ , частота. Исходя из этого диспетчер может сделать вывод о том корректно ли работает насос и предугадать аварийную ситуацию [2].

Основными параметрами фонтанной арматуры, которые находятся под пристальным контролем, являются:  $P_{\text{л}}$  – давление в линии,  $P_{\text{б}}$  – давление в буфере,  $P_{\text{з}}$  – давление в затрубном пространстве. Давление в линии это давления коллектора по которому нефть поступает к месту переработки. Давление буферное - это давление на устье скважины внутри насосно-компрессорных труб. Затрубное давление – это давление жидкости (газа) в

кольцевом пространстве эксплуатационной скважины между обсадной и подъёмной колоннами насосно-компрессорных труб. Затрубное давление должно быть выше буферного в противном случае скважина начинает работать «сама на себя». Так же диспетчер ЦИТУ обеспечивает нефтяные и газовые промыслы необходимым для их стабильной работы оборудованием и технологическими машинами.

Для конструкции типовой арматуры характерно стандартное строение, которое в зависимости от назначения оборудования может комплектоваться дополнительными элементами. В фонтанной арматуре для соединения между собой компонентов используются хомуты и фланцы. Оборудование монтируют на устьевую часть фонтанирующей скважины [3]. Для объединения компонентов арматуры используется крестовой или тройниковый тип схемы. Каждый из компонентов состава имеет свое предназначение и выполняет важные технологические задачи на отдельных этапах процесса добычи. При разработке схемы фонтанной арматуры и производстве оборудования обязательно должны учитываться нормы и требования ГОСТ. Их соблюдение обеспечивает надежность и безопасность добычи, а также исключает проникновение в почву или окружающую среду опасных и вредных веществ из фонтанной арматуры.

**Заключение.** Поддержание работоспособности технологии по добыче нефти и газа является одной из основополагающих задача для нормального функционирования нефтедобывающей компании. При соблюдении технологических норм и регламентных документов, добыча нефти и газа будет осуществляться безаварийно и с наименьшими финансовыми потерями для нефтегазового предприятия.

**Благодарность.** *Выражаю благодарность научному руководителю, д.т.н, доценту Повижку П.П., директору нефтяной компании «Янгур»Полякову А.В. и начальнику смены ЦИТУ Автандилову А.В за помощь в сборе материалов и написании данного работы.*

### **Литература**

1. Демяненко Н.А., Повжик, П.П., Серебренников А.В., Галай, М.И. Эффективность технологии создания системы разветвленных дренажных каналов большой протяженности и пути ее совершенствования для повышения эффективности работ // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. - 2015. №6. С. 65-73.
2. Повжик П.П., Демяненко Н.А., Сердюков Д.В., Жук И.В., Мармылев И.Ю. Системный подход к разработке трудноизвлекаемых запасов в РУП" ПО" Белоруснефть" на основе применения адресных технологий воздействия // Недропользование XXI век. - 2018. №4. С.148-159.
3. Асадчев, А. С. Анализ технологий подготовки нефти и газа нефтяных месторождений Республики Беларусь / А. С. Асадчев, Н. П. Коляда // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухогою — 2020. — № 3/4. — С. 126—137.

# РОЛЬ НАНОГЛИНЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ СМЕСЕЙ ПОЛИАМИДА И МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

**Карпенко М.А.** (студент гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** В последнее десятилетие ассортимент термопластичных композитов технического назначения, изготавливаемых из смесей промышленно важных полимеров, значительно расширился. Смешение двух и более термопластов стало эффективным способом получения новых материалов, обладающих требуемыми свойствами [1]. Для Республики Беларусь, располагающей собственными достаточно крупными производствами полиамида 6 (ПА6) и полиолефинов (ПО), особое значения представляют смесевые композиции ПА6 с ПО. Смеси ПА6/ПО обладают улучшенной технологичностью, повышенной морозостойкостью и ударопрочностью. Эффект действия ПО при совмещении с ПА6 значительно усиливается благодаря функционализации ПО путем прививки к их макромолекулам активных функциональных групп. Постоянно возрастающие требования со стороны производителей и потребителей стимулируют поиск новых подходов и приемов по совершенствованию структуры и улучшению свойств смесей ПА6 с функционализированными ПО (ФПО).

**Цель работы** – исследование влияния наноглины на особенности структуры смесей ПА/ФПО.

**Анализ полученных результатов.** В качестве полимерной матрицы для получения композитов использовали ПА 6 (полиамид 6 для изделий, контактирующих с пищевыми продуктами, производства ОАО «Гродно Азот», ТУ РБ 500048054.037-2002). Для его модифицирования применяли ФПО производства ИММС НАН Беларуси (ТУ ВУ 400084698.170-2008), а также Na<sup>+</sup>-монтмориллонит марки Cloisite 30B (Cl30B) производства Southern Clay Products Inc., США.

Нанокompозиты на основе ПА6, ФПО и Cl30B получали методом компаундирования в двухшнекового экструдера TSSK-35/40 с однонаправленным вращением шнеков. Перед компаундированием гранулят ПА 6 предварительно высушивали до остаточной влажности не более 0,1%. Органоглину сушили в вакууме непосредственно перед компаундированием при температуре 110оС в течение 2 ч во избежание сорбции воды из воздуха при ее хранении [2]. Температура материального цилиндра экструдера в ходе процесса компаундирования в основных смесительных секциях (IV-VIII) составляла 250°С.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) органоглин и ПА6 композитов осуществляли на дифрактометре RDA-2000 (фирма «GNR Analytic Instruments», Италия) в интервале углов  $2\theta = 2-10^\circ$  (для анализа структуры

органоглин) и 10–30°C (для анализа структуры ПА6 и фПО) при использовании  $\text{CuK}\alpha$ -излучения ( $\lambda=0,154$  нм); шаг сканирования 0,05°; время на точку 0,5 с; напряжение 40 кВ; ток 30 мА.

Методом рентгеноструктурного анализа изучено влияние добавок органоглины Cloisite 30В (С130В) к смесям полиамида 6 (ПА 6) с функционализированным полиолефином (ФПО) на кристаллическую структуру конечных нанокомпозитов.

В результате проведенных исследований было установлено, что при введении ФПО в ПА 6 на рентгенограммах фиксируется два четких узких пика при  $2\theta = 21,4^\circ$  и  $2\theta = 23,8^\circ$  (Рисунок). Интенсивности обоих пиков при  $2\theta = 21,4^\circ$  и  $23,8^\circ$  сильно зависит от фазового состава смесей ПА 6/ФПО и от наличия органоглины в их объеме. Следует отметить, что во всех композитах, в которых присутствует органоглина и ПА6 образует дисперсную среду (содержание ФПО  $\leq 30$  мас.%), величины пиков при  $2\theta = 21,4^\circ$  и  $23,8^\circ$  выше, чем для исходных ПА 6/ФПО смесей. Видимо, добавка С130В повышает кристалличность как полиамидной, так и полиолефиновой фазы в смесях данного состава.

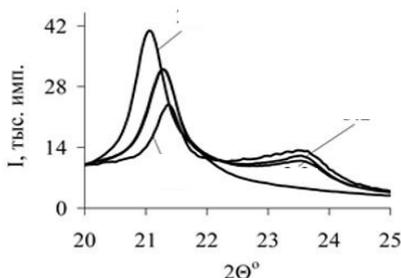


Рисунок – Дифракционные кривые смесевых составов: 1 – ПА6/ФПО-30%, 2 – ПА6/С130В-1,5%, 3 – ПА6/ФПО-30%/С130В-1,5%

**Заключение.** Таким образом, рентгеноструктурный анализ подтверждает тот факт, что структура ПА 6/ФПО композиций зависит от присутствия в их составе наноглины С130В.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кривогузу Юрий Михайлович, доктору технических наук, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

### Литература

1. Utracki, L. A. History of Commercial Polymer Alloys and Blends (From Perspective of the Patent Literature) / L. A. Utracki // Polym. Eng. Sci. – 1995. – Vol. 35, N 2. – P. 352–417.
2. Федоров В. Д., Кривогуз Ю. М., Ермолович О. А. Диссипативные свойства и молекулярная структура аморфной фазы функционализированного полиэтилена // Материалы, технологии, инструменты. – 2004. – Т. 9. – №. 4. – С. 59–64.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ СТЕКЛОПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИТОВ НА БАЗЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Карчевский Ф.А., Корнеев Г.К. (студенты)

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

**Актуальность.** Полипропилен (ПП) один из самых крупнотоннажных полимеров в мире. Выгодная совокупность свойств – высокие износостойкость, механическая прочность, теплостойкость в сочетании с химической стойкостью — делает его ценным конструкционным материалом для изготовления различных деталей и изделий, который широко применяются в станкостроении, автотракторной технике и других сферах машиностроительной отрасли. Модифицирование ПП путем армирования стекловолокнистыми наполнителями позволяет создавать различные композиционные материалы на его основе, благодаря чему значительно расширяются области использования данного полимера.

**Цель работы** - анализ морфологии ПП/СВ композитов и исследование влияния на ее модифицирующих добавок.

**Анализ полученных результатов.** В работе использовали ПП (марка Бален 01030, производства ОАО «Уфаоргсинтез», ТУ 2211-074-05766563-2005 с изм.1-3). В качестве модифицирующей добавки использовали функционализированный полипропилен (ФПП), который соответствовал требованиям ТУ РБ 400084698.072-2003 и был получен по технологии реакционной экструзии, разработанной в ИММС НАН Беларуси.

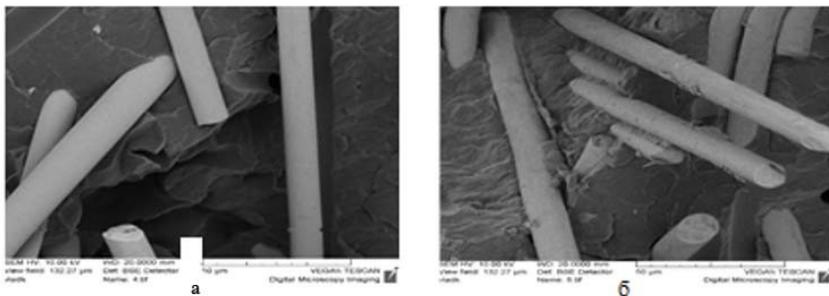
В качестве СВ использовали аппретированный алюмоборосиликатный стеклоровинг марки ЕС13-2400Т-54С с диаметром моноволокон 13 мкм, («Полоцк-Стекловолокно», Беларусь). Композиты ПП с СВ и ФПП получали на экструдере

Морфологию стеклонаполненных композитов на базе ПП анализировали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на сколах образцов (бруски для определения ударной вязкости), охлажденных в жидком азоте. Время охлаждения образцов составляло 30 мин. Исследования проводили на микроскопе «VEGA II LSH» с системой дисперсионного микроанализа *INCA ENERGY 250 ADD*, («Tescan»/«OXFORD Instruments Analytical», Чехия/Англия).

Проведен анализ морфологии стеклонаполненных композитов на базе ПП методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на сколах образцов (брусков) в жидком азоте, используемых для определения ударной вязкости.

В результате проведенного анализа было установлено, что при отсутствии добавки ФПП в рецептурном составе стеклонаполненных композитов на базе ПП поверхность СВ является гладкой без образования на ней видимых следов

полимера и формирования граничных слоев, что видно на рисунке 1.



а – ПП 01030/СВ–30%; б – ПП 01030/ФПП–10%/СВ–30%

Рисунок 1 - Морфология стеклоармированных композитов по данным РЭМ

Это свидетельствует о слабом адгезионном взаимодействии между матричным полимером и поверхностью стекловолокна. Поэтому между полимерной матрицей и волокном не реализуется равномерное и полное распределение внешней нагрузки, вследствие чего достигаемые значения разрывной прочности данного ПП композита весьма невысоки.

В случае введения добавок ФПП в состав стеклонаполненного ПП композита, на микрофотографиях сколов данных образцов отчетливо видны тяжи и вырывы матричного полимера, фрагменты которого остаются на поверхности стекловолокна и прочно с ним связаны. Наблюдаемая морфология свидетельствует о том, что применение добавки ФПП обеспечивает когезионное разрушение стеклонаполненного ПП по слоям полимера, прилегающим к поверхности СВ, что является следствием интенсификации межфазной адгезии и улучшения смачивания расплавом ПП поверхности СВ.

**Заключение.** Исследование морфологии ПП/СВ композитов показала положительное воздействие добавки в результате усиления адгезионного воздействия между матричным полимером и поверхностью стекловолокна.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кривогузу Юрию Михайловичу, доктору технических наук, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### Литература

1. Karger-Kocsis J. Polypropylene. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 1999. 968 p.
2. Песецкий С. С., Кривогуз Ю. М. Смеси алифатических полиамидов с функционализированными полиолефинами: межфазные взаимодействия, особенности реологического поведения расплавов, структуры и механических свойств // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2018. – Т. 62. – №. 4. – С. 480-487.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЯ АРМ FEM ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ВАЛА АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ

**Клевжиц Д.А.** (студент, гр. ГА-41)

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

**Актуальность.** Аксиально-поршневые насосы широко применяются в гидравлических системах различного назначения благодаря их высокой эффективности, компактности и техническим характеристикам. Их надежность и долговечность зависит от правильного проектирования ключевых компонентов, таких как вал, который подвергается различным нагрузкам в процессе эксплуатации. Программный модуль APM FEM, позволяет повысить точность прочностных расчетов, что способствует созданию более надежных и эффективных конструкций.

**Цель работы** – исследование функциональных возможностей модуля с учетом различных типов нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации на вал насоса. В ходе работы проводится оценка точности и эффективности расчетов, а также исследуются возможности модуля для оптимизации конструкции вала с точки зрения прочности, долговечности и надежной работы.

**Анализ полученных результатов.** Для проведения исследования используем программу КОМПАС-3D с модулем APM FEM, который позволяет проводить анализ напряженно-деформированного состояния, а также оценивать прочность, устойчивость и долговечность различных элементов конструкций и механизмов [1]. На начальном этапе создаем геометрическую модель вала насоса в 3D-пространстве с учетом всех геометрических параметров, таких как диаметры и длины ступеней вала под полумуфту, ширину фланца и т.д. [2].

После создание модели, в списке инструментальной панели, открываем модуль APM FEM. Ставим закрепление там, где будут установлены шарикоподшипники. Благодаря закреплению осуществляется ограничение степеней свободы. Затем задаем нагрузки на вал: распределительная сила и давление. Задаем распределительную силу там, где установлены шарикоподшипники с определенным направлением для компенсаций сил, приложенных на вал. Давление задаем там, где будут установлены сферические головки шатунов. Учитывая, при этом, что три гнезда будут под давлением всасывания, три под давлением нагнетания и одно в нейтральном положении. Задаем материал вала и вводим все нужные параметры, также учитывая его твердость [3]. После всех введенных параметров генерируем конечно-элементную сетку. КЭ сетка – процесс разбиения геометрической модели конструкции на конечные элементы, которые используются для численного решения уравнений механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов. КЭ сетка является основой точности и надежности расчетов, так как определяет, насколько детально можно проанализировать распределение напряжений, деформаций и других

характеристик в модели. В результате разбиения получаем поверхности вала в виде тетраэдров с конечными элементами и узлами.

Затем производим расчет. Для анализа загружений трехмерных моделей машиностроительных и строительных конструкций, состоящих из пластинчатых/оболочечных и объемных конечных элементов, предназначен статический расчет. После завершения расчета, настройки параметров вывода результатов и отображений, получим конечный результат в виде цветовой карты результатов выбранных загружений (рис. 1).

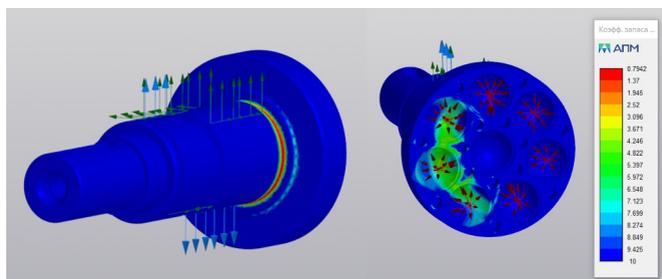


Рисунок 1 – Карта результатов коэффициента запаса по пределу прочности

Применение модуля для моделирования напряженно-деформированного состояния вала позволяет визуализировать распределение различных напряжений, определить величины деформаций в различных точках конструкции и выявить возможные зоны концентрации напряжений, которые могут стать очагами усталостных разрушений.

**Заключение.** Применение модуля APM FEM в программе КОМПАС-3D обеспечивает высокую точность и эффективность при выполнении прочностных расчетов вала насоса. Применение данного модуля позволяет ускорить процесс разработки конструкций насосов, а также повысить их общую эффективность проектирования.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевц Ю.А., м.т.н. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### Литература

1. APM FEM. Машиностроительное приложение [Электронный ресурс]. URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm/>.
2. Объемные гидро- и пневмомашин: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной и заочной форм обучения / Д. В. Лаевский, Ю. А. Андреевц. - Гомель: ГГТУ имени П. О. Сухого, 2016. – 137 с.

# ВЛИЯНИЕ ТИПОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ РАСКЛИНИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА R&P НА НЕТРАДИЦИОННОМ КОЛЛЕКТОРЕ

**Климович В.А.** (магистрант гр. ЗНГИ-11)

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

**Актуальность.** Существует несколько факторы, которые влияют на процесс гидроразрыва пласта. Например, технологические можно регулировать, используя промысловый опыт, в то время как геологические зависят от месторождения и не поддаются корректировке. В данной работе были рассмотрены факторы, влияющие на эффективность гидроразрыва пласта в зависимости от коллекторских и фильтрационно-емкостных свойств пластов. В условиях конвейерного производства, когда идёт последовательный процесс бурения-освоения скважин, любое осложнение, может привести к существенным задержкам по освоению данной, и соответственно последующих скважин. Поэтому при увеличении объёмов работ по освоению скважин увеличиваются и затраты на химические реагенты для технологии «агрессивного» гидроразрыва пласта (ГРП) [1]. Суть технологии заключается в увеличении конечной концентрации расклинивающего агента и уменьшении затрачиваемой жидкости разрыва [2]. Однако, данный подход приводит к увеличению рисков получения технологического осложнения – получению давления СТОП.

**Цель работы.** Анализ полученных технологических осложнений при проведении многостадийного ГРП R&P (МГРП РР) на нетрадиционном коллекторе за 2024 год и анализ влияния концентрации и типа расклинивающего агента на проведение ГРП.

В 2024 г давление СТОП получено на 11 стадиях МГРП РР на скважинах, расположенных на демеховском и восточном участках залежи нефти I-III Речицкого месторождения [3].

При проведении ГРП на стадии 5 скважины 409g (технический СТОП), стадии 22 на скважине 489g (повышенные трения в призабойной зоне пласта (ПЗП) и в интервале перфорации (ИП)), стадии 30 скважины 490g (повышенные трения в ПЗП/ИП), стадии 10 скважины 483g (повышенные трения в ПЗП/ИП) давление СТОП получено при закачке в пласт проппанта фракции 20/40 с концентрацией 450 кг/м<sup>3</sup>, при этом, признаки получения осложнений просматривались начиная с закачки в пласт проппанта той же фракции с концентрацией 400–450 кг/м<sup>3</sup>.

При проведении ГРП на стадии 2 скважины 465g, стадии 4 на скважине 473g и стадии 2 на скважине 482g давление СТОП получено при входе в пласт минимальной концентрации песка фракции 40/70 (начальная стадия вхождения в пласт слоистых пачек фрак-песка, концентрация 50–70 кг/м<sup>3</sup>). На

стадии 15 скважины 490g давление СТОП получено на этапе закачки в пласт чистой буферной жидкости ГРП. Давление СТОП на данных стадиях связано с высыпанием в ствол скважины частиц пород/цементного камня после выполнения тестовых закачек.

При проведении ГРП на стадии 7 скважины 472g, стадии 5 на скважине 468 и стадии 5 на скважине 483g давление СТОП получено при вхождении в пласт проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300–350 кг/м<sup>3</sup>. Предпосылки получения давления СТОП отмечались при закачке проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300–350 кг/м<sup>3</sup>. Причина получения давления СТОП на данных стадиях является критические трения в ПЗП/ИП.

При получении давления СТОП на всех вышеописанных стадиях, на момент непосредственного останова закачки и потери гидродинамической связи «скважина-пласт» проппант фракции 20/40 РСР либо не подавался с устья, либо находился в стволе скважины и не дошел до ИП. Таким образом, проппант РСР не мог стать причиной получения давления СТОП.

**Заключение.** На основании анализа полученных давлений СТОП, критическими концентрациями расклинивающих агентов при проведении работ, является концентрация 350–450 кг/м<sup>3</sup> для проппантов фракций 30/50 и 20/40. При этом, предпосылки получения давления СТОП по ряду объектов, отмечаются на стадиях закачки керамического проппанта фракции 30/50 с концентрацией 300 кг/м<sup>3</sup>. Учитывая вышеописанное, на скважинах демеховского и восточного участков залежи нефти I–IIIп, необходимо с осторожностью подходить к наращиванию агрессивности дизайна ГРП, т.к. не на всех стадиях РР МГРП удастся выполнить операцию в полном объеме с текущей стратегией дизайна ГРП (макс. концентрация РА 400–450 кг/м<sup>3</sup>).

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Мироненко Кириллу Викторовичу за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература.**

1. Демяненко Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2021. – 288 с.
2. Девятьяров С. С. и др. Результаты проведения большеобъемного гидравлического разрыва пласта в скважине с горизонтальным окончанием // Бурение и нефть. – 2021. – №. 10. – С. 25–28.
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. – 2023. – № 3. – С. 67–79.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛИГАНЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ НА ТОКАРНОМ УНИВЕРСАЛЬНОМ СТАНКЕ 16К20

Колесников С.А. (студент гр. ЗТМ-42с)

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

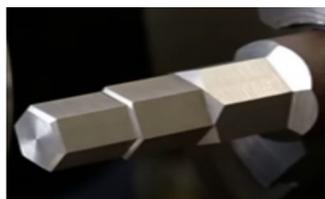
**Актуальность.** В условия ограниченного парка оборудования вынужденного производить необходимую металлообработку полигонального точения поверхностей на типовых небольших деталях на токарном станке 16К20, могло бы решить вопрос приспособление для полигонального точения на токарном станке [1].

**Цель работы** – исследование возможности полигонального точения на токарном станке модели 16К20 с помощью доукомплектации станка данным приспособлением.

**Анализ полученных результатов:** Принцип работы предлагаемого приспособления (рисунок) заключается в том что изготавливается корпус в который устанавливаем подшипники, внутри подшипников устанавливается вал на который крепится шайба в которой присутствуют канавки для крепления резцов , что в дальнейшем позволит производить полигональное точение на прутке и получать 2х, 3х ,4х, 5х ,6ти-гранные поверхности.



а



б



в



г

Рисунок 1 – Приспособления к станку 16К20:

- а) станок 16К 20 с приспособлением для полигонального точения; б) получения шестигранника с помощью полигонального точения; в) получение квадрата с помощью полигонального точения; г) получение пятигранной поверхности с помощью полигонального точения

Количество граней ограничено передаточным числом редуктора с ходового винта. Скорость вращения приспособления берется из таблицы соотношения скорости вращения патрона станка.

Для соединения вращение приспособления с вращением шпинделя используется переходная раздвижная штанга и пластина на которой крепится либо шестеренки, либо звездочки с цепной передачей крутящего момента от ходового винта станка к приспособлению в резцедержателе. При изменении передаточного числа на 0,1 мм происходит образование винтовой поверхности изменение в большую или меньшую сторону влияет на направление поверхности.

Таблица инструмента и соотношения оборотов станка с оборотами шайбы с резцами

Форма	Количество пластин для фрезы	Соотношение частоты вращения	Форма	Количество пластин для фрезы	Соотношение частоты вращения
	1	1:1		3 2 1	1,66:1 2,5:1 5:1
	2 1	1:1 2:1		3 2	2:1 3:1
	3 2 1	1:1 1,5:1 3:1		4 2	2:1 4:1

**Заключение.** В результате таких доработок оборудование получается быстро и качественно изготавливать многогранные поверхности на прутках разных диаметров и разной длины на деталях типа валов.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю к.т.н., доценту Царенко И.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

*Литература*

1. Михайлов, М. И. Влияние параметров контактных поверхностей сменных многогранных пластин сборного сверла на их статические показатели / М. И. Михайлов, Е. В. Демчук // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 25-31.

2. Михайлов, М. И. Влияние способа обработки на статическую точность при фрезеровании осесимметричной детали / М. И. Михайлов, Е. А. Кирпичев // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 1. - С. 15-22.

# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕНТА

Колодич А.В. (студент, ГТ-21)

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

Сосудистые стенты являются важным инструментом в лечении атеросклероза, особенно в случаях ишемической болезни сердца, стенозов (сужений) периферических артерий и других сосудистых заболеваний [1]. Применение стентов позволяет значительно улучшить проходимость сосудов, что в свою очередь способствует улучшению кровоснабжения тканей и органов.

При проведении операции стентирования в сосуд вводится закрепленный на баллонном катетере стент и подводится к месту сужения сосуда. Достигнув намеченного места, баллон раздувается и вдавливая стент в стенку сосуда. При раскрытии стента происходит его увеличение размеров в радиальном направлении и изменение напряженного состояния.

Целью данной работы являлось исследование влияния типа материала стента на его напряженно-деформированное состояние (НДС). Расчет НДС проводили при помощи метода конечных элементов. Были рассмотрены четыре различных используемых материалов для стентов: нержавеющая сталь 316L, сплав платина–хром, сплав кобальт–хром и нитинол. На рисунке 1а показана физическая модель гофрированного стента.

Физико-механические свойства материалов приведены в таблице.

Таблица.

Физико-механические свойства материалов стента [2]

Материал	Модуль упругости, ГПа	Коэффициент Пуассона	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа
Сталь 316L	193	0,23	225	595
Сплав Pt–Cr	203	0,30	260	834
Сплав Co–Cr	243	0,30	310	1020
Нитинол Ni–Ti	83	0,30	195	1050

Задавали упругопластическое поведение материала стента. Приняли, что начальные напряжения в стенте отсутствуют.

В результате расчета были получены значения напряжений и деформаций в стенте. На рисунке 2 показаны распределения эквивалентных напряжений по Мизесу в стенте.

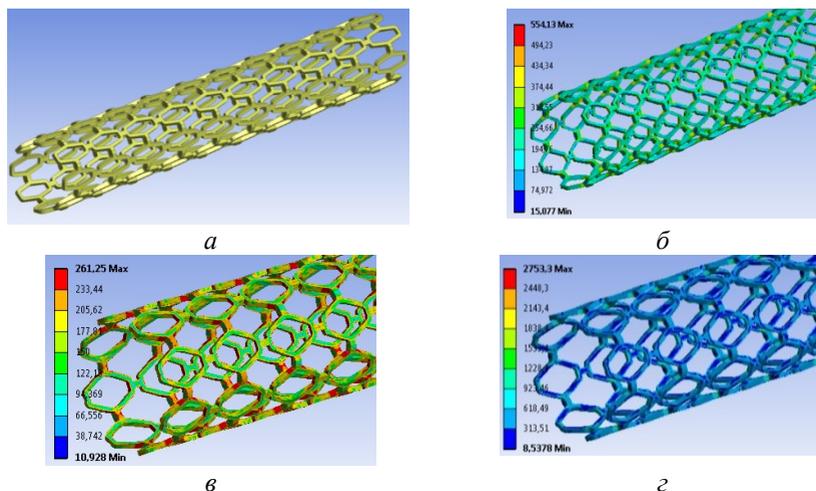


Рисунок – Физическая модель стента (а), распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в стенте, МПа (б-з). Материал стента: б – сталь 316L, в – сплав Pt–Cr, з – нитинол.

Из рисунков видно, что наибольшие напряжения локализованы в месте сопряжения ячейки стента и перемычки, соединяющей ряды ячеек между собой. При выполнении стента из нержавеющей стали 316L, сплавов Pt–Cr и Co–Cr наибольшие эквивалентные напряжения составили 585 МПа, 261 МПа и 320 МПа, соответственно, и не превышают предела прочности указанных материалов (таблица). В случае стента из нитинола наибольшие напряжения – 2753 МПа, что значительно больше допустимого значения, что является неприемлемым с точки зрения обеспечения прочности.

Также установлено, что нержавеющая сталь 316L, которая является наиболее часто используемым материалом для изготовления стентов, демонстрирует высокие напряжения, близкие к допустимым. Следовательно, при высоких давлениях развертывания может привести к механическому разрушению структурных элементов стента.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что сплавы Co–Cr и Pt–Cr являются наиболее подходящими материалами для изготовления стента данной конструкции и размеров.

### Литература

1. Коронарное стентирование и стенты / Д. Г. Иоселиани, Д. А. Асадов, А. М. Бабунашвили. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 256 с.
2. Марочник сталей и сплавов / Ю. Г. Драгунов [и др.] ; под общ. ред. Ю. Г. Драгунова и А. С. Зубченко. – 4-е изд., переработ. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 1216 с.

## ГИДРОФОБНО ЭМУЛЬСИОННЫЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ

**Комарницкий А.А** (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** В бурении скважин применяют два типа эмульсий: прямые и обратные. Практика бурения показала, что обратные эмульсии (инвертные буровые растворы, растворы на углеводородной основе, гидрофобно-эмульсионные буровые растворы и т.д.) оптимальны для бурения скважин с зенитным углом более 70°. Буровые растворы на основе прямых эмульсий (некоторые типы безглинистых и малоглинистых буровых растворов) оптимальны для бурения скважин с зенитным углом до 70° [1]/

Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы (ГЭБР) играют ключевую роль в бурении нефтяных и газовых скважин, особенно в условиях сложных геологических разрезов, характерных для Беларуси [2]. Их применение способствует повышению устойчивости ствола скважины, снижению риска осложнений и улучшению качества вскрытия продуктивных пластов. В условиях Припятского прогиба, где сосредоточены основные нефтегазовые месторождения страны, использование ГЭБР особенно актуально для эффективного и безопасного бурения.

**Цель работы** - является анализ применения гидрофобно-эмульсионных буровых растворов в геологических условиях Беларуси, оценка их эффективности при бурении скважин в Припятском прогибе.

**Анализ полученных результатов.** Применение ГЭБР в Беларуси показало высокую эффективность при бурении скважин в сложных геологических условиях. Исследования, проведенные в Гомельском государственном техническом университете имени П.О. Сухого, подтвердили, что использование ГЭБР способствует снижению фильтрационных потерь, повышению устойчивости ствола скважины и уменьшению вероятности осложнений. ГЭБР сохраняют свою стабильность на больших глубинах, что особенно важно для бурения в предгорьях и на глубоких месторождениях. Особое внимание уделено разработке составов ГЭБР, адаптированных к специфике белорусских месторождений, что позволило оптимизировать процессы бурения и повысить их эффективность. Масляная фаза снижает трение, что способствует уменьшению износа бурового инструмента. ГЭБР помогают поддерживать стабильность стенок скважины, что уменьшает вероятность их обрушения и повышает безопасность бурения.

Наибольшее внимание на сегодняшний момент получают инвертно-эмульсионные растворы (ИЭР). По условиям применения в бурении и свойства они очень близки к растворам на углеводородной основе, однако за счёт содержания в их составе большого количества воды – становятся

значительно дешевле. Основным недостатком ИЭР по сравнению с растворами на углеводородной основе (РУО) является его обратимость при сильном возрастании твердой фазы [3]. С течением времени состав РУО претерпел колоссальные изменения: в качестве структурообразователя стали применять органическую глину, дисперсной фазой являются водные растворы (CaCl<sub>2</sub> к примеру), в ИЭР для создания стабильных эмульсий начали применять поверхностно-активные вещества. В настоящее время 16 % всего объема бурения обеспечивается буровыми растворами, основным компонентом которых является углеводородная жидкость [4]. Использование РУО в качестве бурового раствора избавляет от многих проблем, возникающих в процессе проводки скважины, вместе с тем их использование ставит перед инженерами новые задачи.

**Заключение.** Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы являются неотъемлемой частью современных технологий бурения в Беларуси. Их применение позволяет эффективно решать задачи, связанные с бурением в сложных геологических условиях, характерных для Припятского прогиба. Вклад белорусских ученых, особенно специалистов Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого, в развитие и адаптацию технологий ГЭБР имеет значительное значение для нефтегазовой отрасли страны.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю Аткиновской Татьяне Владимировне за консультацию и помощь при подготовке данной работы.*

## **Литература**

1. Попов С. Г., Нацепинская А. М. Новый тип эмульсионных буровых растворов реверсивно-инвертируемый буровой раствор // Научные исследования и инновации. – 2011. – Т. 5. – № 4. – С. 14-17.
2. Порошина С.Л. Новые подходы к оценке масштабов рассоления коллекторов нефтяных месторождений Беларуси по промысловым гидрохимическим данным // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. – 2019. – №4. – С. 3–12.
3. Порошин В.Д. Оценка масштабов рассоления продуктивных пород нефтяных месторождений Припятского прогиба по промысловым гидрохимическим данным (на примере Северо-Домановичского месторождения) // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. 2020. – №1. – С. 81-93.
4. Минаева Е.В., Неделько Е.С., Скотнов С.Н., Яровенко О.И., Вафин Р.Ф., Малахова Р.Д. Разработка и внедрение утяжеленных растворов на углеводородной основе. РУО с «плоским» реологическим профилем для первичного вскрытия продуктивных горизонтов с АВПД // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 9 (188). – С. 30-33.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

**Кравченко К.А. (студент, гр. ЗТМ-41с)**

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

**Актуальность:** В процессе своей эксплуатации в различных машинах и механизмах техническое масло теряет свои свойства под воздействием различных факторов [1]. Ежегодно в Республике Беларусь образуется около 25 тыс. т отработанного масла [1]. При этом переработке подвергаются только около 60 %.

**Цель:** Разработка мер по увеличению эффективности переработки отработанных масел.

**Анализ полученных результатов.** В настоящее время нашли применение следующие эффективные технологии переработки масел:

1. Термическая деструкция отработанного масла. Использование данного метода увеличивает степень очистки, а также позволяет восстановить цвет, запах и структуру до исходных показателей. Данный метод основан на гидравлическом крекинге, очистке и деструкции. При обогащении полученного сырья комплексом дополнительных присадок, обеспечивается достижение первоначальных свойств до уровня 90-95 %.

2. Пиролиз отработанных масел позволяет получать высококачественные масла, увеличить выход готового материала, при этом достигается высокая экологичность процесса в сравнении с другими методами. После процесса регенерации готовая продукция по своим характеристикам практически не отличается от масел, полученных из нефти. Метод основан на термической обработке сырья без доступа воздуха. В результате пиролиза происходит образование пироуглерода, газообразных и жидких углеводородов.

3. Кислотно-контактная очистка. Она разделяется на атмосферную перегонку, сернокислотную очистку, контактную очистку адсорбентами и вакуумную перегонку. При атмосферной перегонке формируются газовое масло и остатки, применяемые в качестве топлива для собственных нужд предприятий. Известь участвует в процессе нейтрализации кислого гудрона, его смешивают с отработанным маслом и сжигают в печах. При сернокислотной очистке удаляются лишние вещества с помощью экстрагирования жидким газом пропана, что позволяет сократить объем отходов. Затраты серной кислоты и глины уменьшаются, а восстановленные масла увеличиваются до 85 % на осушенное вещество. В контактной очистке адсорбентами после атмосферной дистилляции отработанное масло подается в экстракционную колонну, куда также добавляется сжиженный углеводородный газ. Загрязнения и смесь смолисто-асфальтовых веществ скапливаются на дне конструкции, а затем изымаются. Газ выводится из

раствора испарением и применяется в замкнутом цикле, а масло продолжает проходить этапы очистки. Ведущая международная компания «Snamprogetti» модернизировала вакуумный способ перегонки, разработанный сотрудниками Института нефти, топлива и смазочных материалов. Подрядчики ввели обработку жидким пропаном до и после вакуумной перегонки. В установку атмосферной колонны происходит отгон воды и топливных веществ. Затем масло направляют в колонну, где проводится деасфальтизация пропаном. Экстракт, из которого был отогнан пропан, поступает в аппарат для вакуумной дистилляции с целью отделения на части: газовое, индустриальное и легкое смазочное масло. Заключительный этап характеризуется гидроочисткой масляных фракций и нежелательных компонентов. На сегодняшний день во всем мире известна только одна установка подобного вида. В процессе переработки отработанного масла также применяется тонкопленочный испаритель. Специальная машина покрывает энергосырье тонким слоем, поверхность которого поддерживается работой высокотемпературного теплоносителя. На начальной стадии опираются на испарение, которое избавляет вещество от эмульгированной воды и бензиновых фракций. Давление в испарителе может достигать 530 Па, температура 340–370 °С. Таким образом, отработанные масла проходят 6 этапов, а затем превращаются в компоненты базовых масел. Сначала они подвергаются процессам дистилляции и очистки, затем перетекают в устройство вакуумного фракционирования, где выполняется отгон керосиновых фракций.

**Заключение.** Предлагается увеличить количество пунктов сбора и переработки отработанных масел на всей территории Республики Беларусь, а также внедрить более современные методы и технологии в процессе переработки отработанного масла. При должном развитии и внедрении современных технологий в отрасль переработки отработанных масел на территории Республики Беларусь будет решен ряд экологических проблем по сбору, хранению и утилизации отработанных масел.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю канд. техн. наук Царенко Ирине Владимировне за консультацию и помощь при оформлении данной статьи.*

### **Литература**

1. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб.-метод. пособие / А. Б. Невзорова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.
2. Жолнеркевич В.И., Шрубок А.О. Способы повышения степени очистки отработанных масел // Нефтегазохимия – 2023: VI международный научно-технический форум по химическим технологиям и нефтегазопереработке. 1–3 ноября 2023 г., Минск – С. 26–29.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО КАВИТАЦИОННОГО ЗАПАСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА KR100-80-160

**Кривенков В.В.** (студент, гр. ГА-31)

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

**Актуальность.** Определение кавитационного запаса центробежного насоса, работающего при заданных условиях эксплуатации – это одна из актуальных проблем проектирования систем перекачки жидкостей. Особенно важно правильное определение кавитационных запасов для решения вопросов установки насосов относительно уровня жидкости и определения допустимых геометрических высот, как паспортных данных насоса.

**Цель работы** заключается в определении кавитационного запаса центробежного насоса для заданных условий эксплуатации и оценка возможности возникновения кавитации при работе в реальных условиях.

**Анализ полученных результатов.** Кавитацией называют нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в ней пузырьков или полостей (каверн), заполненных паром или газом. Кавитация возникает при понижении давления в жидкости, что вызывает её вскипание и выделение из неё растворённого газа. В потоке жидкости такое падение давления происходит обычно в области повышенных скоростей [1].

Внешним проявлением кавитации является наличие шума, вибрации, падение напора, подачи, мощности и КПД. Очевидно, что работа насоса в кавитационном режиме недопустима. Возникновение характер кавитационных явлений определяются кавитационным запасом  $\Delta h$  - превышением удельной энергии жидкости при входе в насос над удельной энергией её насыщенных паров. Чтобы дать достоверную оценку текущего состояния насоса по проявлению режимов кавитации необходимо:

- определить количественную меру кавитационных параметров с учетом опытных поправок для каждой конкретной насосной установки, связывая величину этих параметров с соответствующими ограничениями при эксплуатации;

- выбрать наиболее значимые кавитационные параметры и сопоставить их текущие значения с величинами, соответствующими начальному режиму кавитационного течения;

- диагностировать кавитационное состояние работающей насосной установки.

Произведен анализ условий эксплуатации центробежного насоса в составе установки: перекачивание технической воды с температурой 20 °С в количестве 25 л/с, из закрытого приемного резервуара с избыточным давлением в открытый резервуар с общей длиной трубопроводов 200 м. подобран консольный центробежный насос KR100-80-160 с напором 20 м.

Произведен расчет геометрии рабочего колеса и определены его основные размеры для работы в заданных условия эксплуатации.

На основании полученных данных определена величина критического запаса равная максимальному динамическому падению давления на лопастях колеса  $\Delta h_{\text{дmax}}$ . Теоретическое значение максимального динамического падения давления на лопастях колеса определяется по относительной и окружной составляющие скорости потока в точке входа на рабочее колесо с учетом гидравлических потерь при движении жидкости по проточной полости насоса. Ожидаемое значение максимального динамического падения давления для выбранного центробежного насоса составляет 1,254 м.

Для выбранного насоса установлены допустимые высоты всасывания для обеспечения безкавитационного режима. Для заданной производительности системы 25 л/с допустимая высота всасывания составляет 1,6 м. Таким образом, для перекачки воды при температуре 20 °С определено давление насыщенных паров жидкости и допустимый кавитационный запас, определен критический кавитационный запас и из формулы Руднева С.С. определен кавитационный коэффициент быстроходности размере 350, что соответствует насосам с малой кавитационной стойкостью.

**Заключение.** Для длительной эксплуатации выбранного насоса в составе сети водоснабжения [2] требуется предпринимать следующие меры для увеличения кавитационной стойкости:

- установить на входе в насос предварительное индукционное колесо с целью повышения давления потока жидкости на входе в основной насос.
- применять кавитационностойкие материалы для изготовления рабочего колеса, например алюминиевую бронзу или коррозионностойкую сталь. Повышение прочности, твёрдости и ударной вязкости материала улучшает химическую стабильность и сопротивление кавитационному разрушению.
- увеличить входную камеру насоса в корпусе с целью уменьшения резкого ускорения и падения давления потока жидкости при входе на лопасти рабочего колеса.
- выполнить входную кромку лопастей рабочего колеса обтекаемой формы с целью уменьшения гидравлического сопротивления движению жидкости.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевце Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Лопастные насосы [Текст] : справочник / В.А.Зимницкий, А.Н.Каплун, А.Н.Папир, В.А.Умов. - Л. : Машиностроение, 1986. - 334 с.
2. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб.-метод. пособие / А. Б. Невзорова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.

## АНАЛИЗ ИЗНОСОВ ДЕТАЛЕЙ АКСИАЛЬНО ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ

Кульминский Ю.А. (студент, гр. ГА-41)

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

**Актуальность.** Анализ и оценка износа деталей является одной из основных задач современного производства и должен производиться еще на этапе проектирования гидромашин и вагонов, перевозимых сыпучие грузы [1]. Износ деталей аксиально поршневых насосов оказывает существенное влияние на их работоспособность и эффективность, поэтому особенно актуально производить анализ режимов и условий работы, нагрузок в парах трения и других факторов, приводящих к отказам объемных гидромашин при эксплуатации [2].

**Цель работы** – определение основных факторов, способствующих снижению работоспособности аксиально-поршневых гидромашин с целью минимизации последствий износа при проектировании деталей гидромашин.

**Анализ полученных результатов.** Снижение работоспособности аксиально-поршневых гидромашин может быть вызвано множеством факторов, которые влияют на их эффективность, надежность и долговечность, основные из них следующие:

1) Кавитация. Кавитация в аксиально-поршневых гидромашинах может привести к серьезным повреждениям и снижению эффективности работы. Может происходить в нескольких местах, особенно в тех зонах, где давление жидкости падает ниже ее парциального давления. Основные места, где может возникнуть кавитация, включают:

а) Входной патрубок. Если давление на входе в насос слишком низкое, это может привести к образованию паровых пузырьков.

б) Рабочие камеры поршней. При движении поршней в рабочей камере может возникнуть падение давления, особенно в момент, когда поршень начинает движение, что может вызвать кавитацию.

в) Выходной патрубок. Если давление на выходе из гидромашин слишком низкое, это также может привести к кавитации.

2) Износ пар трения. Постепенный износ поршней, цилиндров и уплотнений из-за трения и воздействия рабочей жидкости может привести к потере герметичности и снижению производительности. Основные зоны износа включают:

а) Поршни и цилиндры. Поршни, движущиеся внутри цилиндров, являются основными элементами, где происходит трение. Износ может возникать из-за недостаточной смазки, загрязнений или неправильного выбора материалов.

б) Манжеты и уплотнения. Эти элементы обеспечивают герметичность системы и предотвращают утечку рабочей жидкости. Износ может происходить из-за трения о поверхности сальников и уплотнений, особенно если они неправильно установлены или подвержены воздействию агрессивных жидкостей.

3) Неправильная эксплуатация. Нарушение режимов работы, таких как превышение допустимого давления или температуры, может привести к повреждению машин.

4) Качество рабочей жидкости. Загрязнение жидкости частицами или наличие воды в гидравлическом масле могут ухудшить смазочные свойства и привести к коррозии и износу.

5) Температурные колебания. Изменения температуры могут влиять на вязкость рабочей жидкости и, как следствие, на эффективность передачи энергии.

6) Недостаточная подача жидкости. Низкое давление на входе в гидромашину может вызвать недостаточную смазку и охлаждение, что увеличивает риск перегрева и повреждений.

7) Вибрации и шумы. Чрезмерные вибрации могут указывать на механические неисправности, такие как несбалансированность ротора или неправильная установка компонентов.

8) Коррозия. Воздействие агрессивных сред или некачественных материалов может привести к коррозии внутренних частей машины.

В аксиально-поршневом насос-моторе типа МНА при работе в реальных условиях могут возникнуть все рассмотренные факторы, приводящие к износу.

**Заключение.** В результате произведенного анализа выявлены основные факторы, способствующих снижению работоспособности аксиально-поршневых машин, и определены меры, способствующие снижению износа при работе, которые возможно предпринять на этапе проектирования и разработки конструкции.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андрееву Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Сенько В.И., Путьто А.В. Оценка воздействия переводимых сыпучих грузов на кузова вагонов // Вісник дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2009. – № 3-. С. 214–222.

2. Столяров А. В., Червяков С. В., Рогонова О. В. Исследование износов деталей регулируемых аксиально-поршневых насос-моторов //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13. – №. 4. – С. 159–166.

# ИНТЕГРАЦИЯ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА 5-ОСЕВОМ СТАНКЕ С ЧПУ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ СТАНКА

**Курбан В.Е.** (студент, гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** Проблема обучения квалифицированных специалистов с целью дальнейшего устранения риска аварий при обработке ответственных и сложных деталей из-за человеческого фактора актуальна в современной промышленности [1].

**Цель данной работы** – изучить возможность интеграции 3D-сканирования при обработке на 5-осевом станке с ЧПУ для предотвращения аварий станка.

**Анализ полученных результатов.** Для обеспечения высокой точности и эффективности в процессе обработки сложных деталей стандартом стало использование 5-осевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Однако, несмотря на значительные преимущества этой технологии, существует риск возникновения аварийных ситуаций, вызванных человеческим фактором.

В данном контексте инновационный подход к интеграции 3D-сканирования в реальном времени представляет собой перспективное решение, способное значительно повысить качество и безопасность процесса обработки деталей. Основные принципы 3D-сканирования включают использование лазеров, структурированного света или фотограмметрии для создания цифровых моделей объектов в режиме реального времени [2].

Типы 3D-сканеров включают лазерные сканеры, оптические сканеры и сканеры на основе структурированного света.

Процесс интеграции 3D-сканирования начинается с выбора оборудования, где рекомендуется использовать 3D-сканеры с синим лазером, обеспечивающим более высокую точность и разрешение сканирования, особенно для объектов с сложной поверхностью или мелкими деталями. Затем происходит аппаратная интеграция, при которой сканеры размещаются в вибрационно развязанном корпусе, отделенном от станины станка, что позволяет снизить влияние вибраций на точность сканирования и обеспечивает стабильную работу оборудования.

Метод перемещения луча осуществляется с использованием оптического дефлектора - прибора, предназначенного для точного позиционирования излучения в оптических лазерных системах, обеспечивающего точное и быстрое перемещение лазерного луча и обзор на шпиндель и весь стол станка. Наличие статичных меток на столе станка, позволяет точно

определять положение детали в системе координат станка во время сканирования, что является критически важным для последующих операций.

Применение 3D-сканирования в обработке на станках с ЧПУ включает периодическое сканирование обрабатываемой детали для выявления отклонений и дефектов, а также регулярное сканирование для мониторинга состояния инструмента и деталей, для предупреждения аварий из-за человеческого фактора.

Технические сложности интеграции 3D-сканирования в процессы обработки на станках с ЧПУ включают несколько аспектов.

Первым из них является необходимость точной калибровки 3D-сканеров и синхронизации их работы с ЧПУ, чтобы обеспечить высокую точность и надежность сканирования. Это требует тщательной настройки оборудования и программного обеспечения для корректной работы в единой системе. Кроме того, интеграция 3D-сканирования может столкнуться с проблемой обработки больших объемов данных, поскольку сканирование может генерировать огромные объемы информации, которые требуют мощных вычислительных ресурсов для анализа данных в реальном времени. Это может потребовать оптимизации алгоритмов обработки данных и обновления вычислительной инфраструктуры для обеспечения эффективной работы системы интеграции.

**Заключение.** Интеграция 3D-сканирования в реальном времени в процесс обработки на 5-осевых станках с ЧПУ представляет собой перспективное направление для повышения точности, качества и безопасности производства.

Использование этой технологии снижает риск, позволяют достичь высокой точности и надежности сканирования. Проверка инструмента и деталей перед каждой операцией и предотвращение столкновений при быстрых перемещениях существенно снижают риск аварий и повышают общую эффективность производства.

Дальнейшие исследования и развитие технологий 3D-сканирования будут способствовать их более широкому применению в различных отраслях промышленности.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. доцента кафедры технологии машиностроения, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Царенко, И. В. Поиск оптимального формата смешанного заочного обучения = Blended Distance Learning: Search for an Optimal Format / Царенко И. В. // Цифровая трансформация. – 2019. – № 4(9). – С. 50–58. DOI : <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-4-50-58>.
2. Gary C. 3D Scanning for Advanced Manufacturing, Design, and Construction: Metrology for Advanced Manufacturing - Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2023. – 183 p.

# ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ СМАЗОЧНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Лавров Р.Р.** (студент гр. СГД-ГМиО)

*Филиал Мурманского арктического университета, г. Апатиты, Россия*

**Актуальность.** В условиях современных горных предприятий правильный выбор и использование смазочных материалов играют ключевую роль в обеспечении надежности и эффективности работы оборудования. Неправильная организация смазочного хозяйства может привести к увеличению затрат на обслуживание, повышенному износу машин и аварийным ситуациям. К тому же сложности выбора способствует увеличение парка импортной карьерной, горной, строительной техники. Например, экскаваторы таких производителей, как Hitachi (Япония), Komatsu (Япония), Caterpillar (США) и др., находят применение на многих горнодобывающих предприятиях [1]. В данной работе предлагается исследовать физико-механические свойства смазочных материалов, а также разработать рекомендации по их оптимизации для повышения производительности и безопасности горных работ.

**Целью данной работы** является анализ по открытым источникам физико-механических свойств различных смазочных материалов, применяемых в горной отрасли, а также разработка предложений эффективной организации системы смазочного хозяйства.

**Объектом исследования** являются смазочные материалы, используемые на горных предприятиях, включая масла, пасты и жидкости. В ходе работы по открытым литературным источникам была проведена оценка физико-механических свойств различных типов смазок, таких как вязкость, температура вспышки, антифрикционные свойства и устойчивость к окислению.

Установлена взаимосвязь между характеристиками смазок и условиями их эксплуатации, что позволило разработать основные подходы к выбору и использованию смазочных материалов с учетом специфики работы горного оборудования и грамотной организации смазочного хозяйства на предприятии.

Оценено влияние условий эксплуатации горного оборудования на износ деталей и выбор смазочных материалов на примере работе импортного оборудования, а именно шахтной машины по оборки кровли в подземных выработках. Так, во время интервала замены смазочных материалов было принято решение использовать универсальное масло для узлов трения. Данное масло не смогло обеспечить номинальные рабочие температуры данного узла трения, в следствии чего это привело к частичному разрушению материала и образовался абразив, что привело к повышению износа узла трения и заеданию самого механизма [2].

Для предотвращения подобных случаев необходимо разработать ряд мероприятий по эффективной организации масляного хозяйства горных предприятий.

Усложнение конструкции машин за последнее десятилетие привело производителей техники к необходимости разработать собственную систему одобрений смазочных материалов либо к производству «оригинальных» смазочных материалов, которые строго рекомендуются потребителям. Для эксплуатирующего технику предприятия часто это может означать привязку как к определенной марке техники, так и, соответственно, к марке смазочных масел. Если же в парке представлена техника нескольких производителей, номенклатура смазочных материаловкратно увеличивается (до 30-40 позиций и более). Инновационным решением является использование универсального материала, допущенного к применению как в двигателях различных производителей, так и в гидравлических и трансмиссионных системах.

**Анализ полученных результатов исследования.** Выявлено, что для обеспечения максимальной производительности оборудования необходимо использовать смазочные материалы, рекомендованные производителем для каждого типа оборудования потребителям или же в целях более упрощенной организации смазочного хозяйства, а именно хранения и избегания избытка определённых типов смазочных материалов, применять универсальные материалы, способные работать в широких диапазонах. Но необходимо учитывать, что они подходят далеко не для всего оборудования из-за различных номинальных характеристик каждого и условий эксплуатации [3].

**Заключение.** В результате проведенного исследования было установлено, что физико-механические свойства смазочных материалов напрямую влияют на эксплуатационные характеристики горного оборудования. Оптимизация организации смазочного хозяйства на горных предприятиях позволяет значительно повысить эффективность работы, снизить затраты на обслуживание и улучшить безопасность.

**Благодарность.** Выражаю признательность д.т.н., профессору А.Б. Невзоровой за консультацию при проведении данного исследования.

### **Литература**

1. Колесниченко Д. С., Корчагин Р. К., Соболев Д. А. Снижение стоимости владения техникой за счет применения высококачественных смазочных материалов //Горная промышленность. – 2016. – №. 4 (128). – С. 38-40.
2. Врублевский В.Б., Невзорова А.Б., Довгяло В.А. Подшипники скольжения на основе древесины: проектирование и взаимозаменяемость : учебн. пособие. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 55 с.
3. Комаров Я. В., Пухов Е. В. Разработка устройства безразборной термической утилизации отработанных масляных фильтров //Вестник НГИЭИ. – 2022. – №. 1 (128). – С. 57-65.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРУТКОВЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ ШВЕЙЦАРСКОГО ТИПА С ЧПУ

Лапухин А. Е. (студент группы ЗТМ-42с)

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

**Актуальность.** Чтобы удешевить продукцию выпускаемую на ОАО «БЗТДиА», при этом, не теряя качества выпускаемой продукции целесообразно применение оборудования, требующее минимального участия человека [1]. В частности, в цеху современного производства были приняты успешные попытки модернизации оборудования, так, чтобы один оператор мог обслуживать от 3 до 12 станков высокотехнологических механообрабатывающих операций.

**Цель работы:** изучение эффективности прутковых токарно-винторезных станков швейцарского типа DOOSAN LYNX и перспективы их применения в серийном производстве.

**Анализ полученных результатов.** Особенности токарно-винторезного станка серии DOOSAN LYNX заключается в непрерывности подачи прутка различного профиля диаметром до 55 мм и длинного 585 мм. Оператор загружает пруток в бункер барфидера, не прерывая при этом рабочий цикл обработки. Барфидер захватывает пруток и направляет его через лайнер и центр отверстия торца шпинделя в рабочую зону станка (рисунок 1).

Лайнер – это устройство, предназначенные для выпрямления прута, гашения вибрации при обработке. Основными элементами лайнера являются труба и фторопластиковые валики, которые имеют внешний диаметр, равный внутреннему диаметру трубы с небольшим зазором, а внутреннее отверстие, подгоняется под профиль прута. Применение фторопластиковых валиков имеет преимущество в том, что при их износе замена не требует высоких затрат.

В рабочей зоне имеется два шпинделя. Практика показала, что точность подачи лайнером в рабочую зону станка составляет около 0,2 мм по оси Z. Это, в основном связано с неровностью проката. На более дорогих станках эта проблема решается с помощью фото- и индукционных датчиков. У нас была предпринята успешная попытка ввести дополнительную операцию по позиционированию заготовки путем подачи прутка с упором в торцевую часть закалённой шестигранной заготовки, зажатой в резцедержатель. Погрешность базирования уменьшилась до 0,02 мм. Данный дополнительный цикл используется в серийном производстве.

Станки данного типа способны производить токарные, сверлильные, фрезерные операции различной сложности и конфигурации. Завершающий циклом обработки детали является отрезка. Отрезанная деталь падает на

конвейерную ленту, по которой готовая деталь попадает в короб для готовых изделий.



Рисунок 1 – Прутковый токарно-винторезный станок швейцарского типа DOOSAN LYNX

**Заключение.** При анализе производства изделий на данных станках получена высокая экономическая эффективность: при относительно не высокой стоимости станка, доступности, и не дорогое обслуживание мы получаем высокую точность обработки технологически сложных деталей, обрабатываемых на станках серии DOOSAN LYNX, а также минимальное присутствие человека, при большом объеме выпуска продукции, что удешевляет производство деталей, способствуют конкурировать на мировом рынке.

**Благодарность.** *Выражаю благодарность научному руководителю Царенко И. В., начальнику техбюро МСЦ-3 ОАО «БЗТДИА» Кондратьевой Е.А., наладчику ЦСП Пинчуку А. С. за консультацию и помощь написания данной работы.*

#### **Литература**

1. Аверьянов О. И., Аверьянова Г. И., Толмачев С. А. Компоновки металлорежущих станков : учебное пособие / О. И. Аверьянов, И. О. Аверьянова, С. А. Толмачев ; Федеральное агентство по образованию, Московский гос. индустриальный ун-т. — Москва : [МГИУ], 2007. — 166 с.

## ИНГИБИРУЮЩИЕ БУРОВЫЕ РАСТВОРЫ

Лехнович В.Н. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** В большинстве районов литологический разрез скважин в той или иной мере представлен глинистыми породами. В отличие от других горных пород, слабо взаимодействующих с различными промывочными жидкостями на водной основе, глинистые породы при контакте с водными средами, т.е. фильтрациями растворов, претерпевают существенные физико-химические изменения со всеми вытекающими из этого отрицательными последствиями для устойчивости стенок скважины [1].

Следует отметить, что указанные осложнения являются причиной значительного удорожания стоимости скважины. Так, по оценке международных нефтяных компаний, затраты, связанные с потерями устойчивости ствола скважин в интервалах залегания глинистых пород, составляют свыше 1 млрд долл. США в год.

**Цель работы** – изучение применения ингибирующих буровых в надсолевом комплексе Припятского прогиба.

**Анализ полученных результатов.** Надсолевой комплекс Припятского прогиба имеет некоторые особенности геологического строения, которые вызывают определенные проблемы при бурении.

Характерными особенностями строения надсолевого комплекса Припятского прогиба являются:

- ритмичное строение толщи, заключающееся в чередовании глины, мергеля, известняка с прослоями мелкозернистого песчаника;
- значительное развитие пестроцветных глинистых пород, склонных к набуханию при контакте с водой или буровым раствором на водной основе;
- большая мощность надсолевых отложений – от нескольких десятков метров до 1000 м, а на отдельных участках и до 3500 м [1].

Набухание глинистых пород в процессе бурения часто сопровождается различными осложнениями: осыпями, обвалами, кавернообразованиями, снижением устойчивости ствола скважины, наработкой бурового раствора и, как следствие последнего, увеличением количества отходов бурения.

Ликвидация перечисленных выше осложнений и их последствий приводят к удорожанию строительства скважины, следовательно, актуальной является разработка технологического решения предотвращающего или минимизирующего первопричину перечисленных выше осложнений – набухание глинистых пород. Таким решением является ингибирующий буровой раствор (ИБР). Основное назначение ИБР – снижение набухания и дисперсации глин, минимизация влияния глинистого шлама на структурно-реологические и фильтрационные показатели раствора [2].

В настоящее время все большее распространение при бурении неустойчивых пород получают растворы, в которых в качестве ингибитора используется реагент хлористый калий. Исследования показали, что наиболее эффективное «преобразование» происходит при взаимодействии глин с растворами солей калия, катионы которого наиболее прочно (по сравнению с другими катионами) удерживаются глинистыми минералами и могут считаться почти необменными, если они вошли в межпакетные пустоты в кристаллах монтмориллонита. При этом внутри кристалла глинистого минерала набухания не происходит, так как ион калия препятствует проникновению воды между его элементарными пакетами. К ингибиторам гидратации относятся неорганические и органические вещества, такие как: известь, хлориды калия, кальция, магния, гипс, аммонийные соли, натриевые и калиевые соли поликремниевой кислоты (жидкое стекло), полигликоли, некоторые лигносульфонаты, анионоактивные ПАВ, которые являются носителями ионов кальция, калия, аммония и других катионов. Основные разновидности ингибирующих буровых растворов: известковые, гипсоизвестковые, хлоркалиевые, гипсокалиевые, хлоркальциевые, малосиликатные, алюмокалиевые. Установлено, что интенсивность ингибирования возрастает с повышением температуры.

По данным использования ингибирующего бурового раствора (ИБР), разработанного БелНИПИнефть на скважине №22 Карташовского нефтяного месторождения. Были получены данные, что во время использования ингибирующего бурового раствора разработки БелНИПИнефть (сокращение времени бурения под первую техническую колонну по сравнению с соседними скважинами, отсутствие осыпаний, сальникообразования, вынос выбуренной породы в инкапсулированном виде) свидетельствуют об эффективности, экономической целесообразности и востребованности подобных решений для процесса бурения.

**Заключение.** Проведенные в РУП «ПО «Белоруснефть»» промысловые испытания при бурении надсолевых отложений модифицированных буровых растворов доказали их высокую ингибирующую способность и подтвердили целесообразность ингибирования глинистых пород при бурении скважин.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Атвиновской Т.В. за помощь при подготовке данной работы.

### **Литература**

1. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 90-97.
2. Саломатов В. А., Кожяев Д. П., Паникаровский Е. В. Применение ингибирующего бурового раствора для поддержания устойчивости стенок скважины // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 3. – С. 270-281.

## **ВОЗМОЖНОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОККЛЮДЕРОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЪ ЛЕЧЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ**

**Лёвкина А. Д.** (магистрант)

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

**Актуальность.** Косоглазие и синдром «ленивого глаза» развиваются у детей по разным причинам, чаще всего наследственность или физические нарушения работы одного из органов зрения. Оклюзия помогает стимулировать его работоспособность. Самым распространенным методом лечения является окклюдзионная терапия. В связи с этим было принято решение разработать изделие, которое обеспечит качественную терапию.

**Цель работы.** - разработать принципиально новую конструкцию окклюдера, устраняя недостатки существующих аналогов, а также подобрать полимерные материалы, из которых будет изготовлено изделие.

Окклюдер — это приспособление для лечения дисфункции зрительных органов. Существует несколько видов окклюдеров: повязка, пластырь, насадка на очки.

Указанные аналоги обладают недостатками: недостаточная изоляция от света, окклюдер-пластырь является одноразовым, отклеивается при намокании, может вызывать раздражение; окклюдер-насадка предусматривает крепление только на очки, просто снимается, недолговечен и пропускает свет. В связи с этим было принято решение разработать изделие с устранением всех недостатков.

3D-технологии способны кардинально решить актуальную проблему импортозамещения в области медицины. Было принято решение производить изделие на основе 3D сканирования и 3D печати .

При помощи 3D-сканирования собираются данные о лице заказчика – снимается точный слепок, несущий информацию о биологических маркерах, на которых завязано построение изделия. За тем полученная 3D-модель дорабатывается и запускается в производство при помощи 3D печати.

При создании изделия используется такая технология, как FDM. Изделие отличается от своих аналогов тем, что предполагает многоразовое удобное и надежное использование. При производстве прототипа предполагается использование материалов, которые не вызывают раздражения или дискомфорта.

Производимый окклюдер можно разделить на две части. Основная часть окклюдера – пластиковая основа, которая имеет форму, соответствующую контуру лица и области вокруг глаза и закрывает от внешнего света. В основе делается углубление, соответствующее форме глаза (для более удобной и длительной носки, избавления от напряжения, создаваемого трением ресниц

при моргании). Дополнительная часть – клейкая биосовместимая с кожей поверхность (рисунок 1).

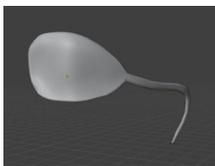


Рисунок 1 – Прототип

Технология FDM позволяет создать очень сложную пористую структуру, представленную многочисленным переплетением микроканалов, что позволяет воздуху свободно циркулировать между окружающей средой и закрытой частью лица, что исключает возможность запотевания.

На данный момент был произведен прототип изделия (рисунок 1) из такого пластика, как PETG, отличающийся нетоксичностью, не боится воды, легко дезинфицируется, приятен на ощупь.

**Заключение.** В данной работе был рассмотрен опыт применения аддитивных технологий для лечения и коррекции заболеваний органов зрения. На основе полученных результатов можно сказать о том, что применение 3D технологий в медицине выведет лечение и применяемые изделия в этой сфере на новый уровень.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научным руководителям Кадолич Ж.В. зав. Кафедры «Материаловедение в машиностроении» и Прусенко И.Н. старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Клячкова, П. С. Опыт применения аддитивных технологий для лечения и коррекции заболеваний органов зрения / П. С. Клячкова, А. Д. Левкина, Е. В. Зайцев ; науч. рук. Ж. В. Кадолич // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2024 г. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т имени П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2024. – С. 81–84.
2. Прусенко, И. Н. Реверсивное проектирование и 3D-печать как инструменты производства высокотехнологичных огнеупорных изделий / И. Н. Прусенко // 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 имени П. О. Сухого, 2024. – С. 65–67.
3. 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.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТРАССИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Лисовский Т. М. (студент, гр. НР-21)

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

**Актуальность.** Трассирование позволяет получить информацию о перемещении флюидов в пласте, что помогает оптимизировать процессы разработки месторождений и эффективно управлять ресурсами [1]. А также этот метод позволяет строить модели фильтрационных потоков,

**Цель работы** – проанализировать теоретические и практические методы трассирования фильтрационных потоков для прогнозирования поведения пласта и принятия решений о дальнейших этапах разработки месторождений.

## **Теоретические основы метода.**

Методика проведения работ по трассированию фильтрационных потоков на нагнетательных и добывающих скважинах позволяет определить: истинную скорость и направление движения в залежи воды, коллекторские свойства пластов в условиях естественного залегания, распределение потоков по пластам и между отдельными скважинами и источники их обводнения, гидродинамическую связь по площади залежей, неоднородность отложений, эффективность процесса вытеснения нефти.

Индикаторный метод позволяет выполнять контроль за разработкой нефтяных месторождений, а также проводить выбор объектов и оценку эффективности применения различных методов повышения нефтеотдачи пластов.

**Выбор объектов для проведения** исследования производится в каждом конкретном случае на основании тщательного анализа геолого-промыслового материала. Алгоритма подбора индикатора при проведении работ по трассированию на нефтяных месторождениях нет, т.к. все применяемые индикаторы стабильны во времени в пластовых условиях. Критерии выбора объекта: наличие нагнетательных (простаивающих добывающих) скважин, а также добывающих скважин с обводненностью более 30 %; коррелируемость разреза между нагнетательными (простаивающими добывающими) и действующими добывающими скважинами.

**Технология проведения работ.** Приготовленный раствор индикатора с помощью насосного агрегата путем введения и растворения его в необходимом объеме пресной воды, закачивается в скважину. После закачки меченой жидкости запускают нагнетательную скважину в эксплуатацию.

В течение 60 суток после закачки растворов индикаторов в нагнетательные скважины по контрольным добывающим производят отбор проб устьевого жидкости по установленной схеме [2]. Наблюдения ведутся по всем скважинам до тех пор, пока не будет извлечено основное количество

введенного индикатора и не будет уверенности в том, что регистрация меченой жидкости прекращена из-за ограниченности чувствительности измерительной аппаратуры. Как правило, полные исследования длятся не менее 2 и не более 12 месяцев.

Отбор проб в течение первых 10 суток осуществляет оператор промысла.

В случае остановки одной из добывающих скважин, после ее запуска отбор проб продолжают в соответствии с графиком отбора проб по остальным скважинам.

В процессе проведения работ замеряют приемистость нагнетательных, дебит и обводненность добывающих скважин не менее 3 раз в неделю. На каждую пробу, тщательно закупоренную в светонепроницаемой таре, наклеивают этикетку со следующей информацией: № скважины, месторождение, дата и время отбора, фамилия оператора. Отобранные пробы доставляют в химическую лабораторию, отфильтровывают водную фазу не менее 150 - 200 мл для определения количественного содержания индикаторов. Полученные результаты заносят в базу данных для последующей обработки и анализа.

#### **Заключение.**

В заключение, применение метода трассирование является мощным инструментом в геологоразведке и управлении ресурсами. Этот метод позволяет получить детальные сведения о движении флюидов в подземных структурах, что способствует более эффективному использованию месторождений что позволяет более точно планировать работы по эксплуатации и мониторингу запасов, минимизируя риски и увеличивая эффективность процессов извлечения. Таким образом, интеграция метода трассирования в практику разработки месторождений открывает новые горизонты для повышения устойчивости и экологической безопасности горнодобывающей отрасли, что является особенно важным в условиях увеличения нагрузки на природные ресурсы и растущих требований к их рациональному использованию.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность за курирование над работой научному руководителю старшему преподавателю Шепелевой Ирине Сергеевне.*

#### **Литература**

1. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 2. – С. 90–97.
2. Тишков А. А. Влияние деформационных процессов на направление фильтрационных потоков в залежах нефти Припятского прогиба // Літасфера. – 2017. – №. 2. – С. 119-125.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБСАДНОГО ХВОСТОВИКА

Литвинчук А.А. (студент, гр. НР-51)

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

**Актуальность.** Использование технологии бурения с применением обсадного хвостовика заключается в повышении эффективности и снижении затрат на буровые работы, особенно в сложных геологических условиях [1]. Эта технология позволяет сократить издержки, ускорить процесс бурения, исключить безметражную работу и геофизические исследования, а также использовать экологически безопасный буровой раствор.

**Цель работы** – проанализировать результаты применения технологии бурения с использованием обсадного хвостовика для повышения эффективности и снижения затрат на буровые работы в сложных геологических условиях.

**Анализ полученных результатов.** Технология бурения с применением обсадного хвостовика позволяет сократить издержки и время на бурение, исключить безметражную работу и геофизические исследования до спуска обсадного хвостовика, а также использовать буровой раствор на водной основе вместо раствора на углеводородной основе.

Результаты опытного бурения показывают высокую эффективность метода: ускорение процесса бурения, отсутствие деформации резьбовых соединений, снижение зенитного угла скважины, что обеспечивает лучшую проходимость и уменьшает риск деформаций.

Преимущества технологии бурения на обсадной трубе: сокращение количества спускоподъемных операций, возможность разбуривания труднопроходимых зон с переходным давлением и истощенных зон, а также ускорение бурения при пониженном забойном давлении. В этом случае нет необходимости поднимать бурильные трубы в вышку, подготавливать условия в скважине и поднимать долото на поверхность, прежде чем спускать обсадную колонну в скважину — все это обеспечивает сокращение времени использования буровой установки [2].

Однако технология имеет некоторые ограничения. Например, она не подходит для бурения в породах с высоким содержанием глины или при наличии зон аномально высокого пластового давления. Также возможны проблемы с извлечением обсадного хвостовика после завершения работ.

В настоящее время решение проблемы сохранения высокого сопротивления смятию труб после их расширения еще не достигнуто. Поэтому в настоящее время продолжаются исследования в направлении разработки более прочных, устойчивых и дешевых расширяемых трубных изделий с герметичными для газа соединениями и повышенной прочностью к

смятию и разрыву от внутреннего давления, а также улучшения расширяющего конуса.

В целом, технология бурения с применением обсадного хвостовика является перспективным направлением развития нефтегазовой отрасли. Она позволяет повысить эффективность и снизить затраты на буровые работы, особенно в сложных геологических условиях.

**Заключение.** Технология бурения с применением обсадного хвостовика успешно применяется для восстановления нагнетательных скважин, расположенных в интервале кыновских аргиллитов. Это помогает сократить издержки и время на бурение, исключить безметражную работу и геофизические исследования до спуска обсадного хвостовика, а также использовать буровой раствор на водной основе вместо раствора на углеводородной основе [4].

Технология предполагает использование обсадных труб с трапецеидальной резьбой, что обеспечивает высокую эффективность метода. Результаты опытного бурения демонстрируют ускорение процесса бурения, отсутствие деформации резьбовых соединений, снижение зенитного угла скважины, что улучшает проходимость и уменьшает риск деформаций.

К марту 2024 года технология была успешно применена при бурении пяти скважин. Это подчёркивает значительный потенциал и вклад технологии в развитие отраслевых технологий бурения и ремонта скважин.

*Благодарю старшего преподавателя Матвеевко Д.С. за консультации при подготовке данной работы.*

## **Литература**

1. Матвеевко, Д. С. Опыт спуска эксплуатационных обсадных колонн с частичным опорожнением в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» / Д. С. Матвеевко, Д. В. Порошин, В. В. Пологеенко // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2020. – С. 276–281.

2. Малюков В. П., Траоре М. А. Применение технологии бурения на обсадных трубах для вскрытия продуктивных горизонтов углеводородных месторождений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – Т. 18. – №. 4. – С. 472-479.

3. Шваков А. Н., Оганов А. С. Перспективы строительства нефтяных и газовых скважин монодиаметра с применением расширяемых обсадных труб // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2007. – №. 3. – С. 2-7.

4. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 2. – С. 90–97.

## КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

**Литош М.К.** (студент, гр. НР-31)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухого г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Особую актуальность приобретает изучение коллоидно-химических и реологических свойств буровых растворов, так как месторождения Беларуси часто характеризуются высоким содержанием солей и специфическими гидрогеологическими условиями. В частности, месторождения Припятского прогиба требуют применения специальных рецептур буровых растворов для предотвращения осложнений, связанных с размыванием пород и обрушением стенок скважин [1]. Коллоидно-химические свойства буровых растворов, такие как стабильность дисперсной системы, коагуляционная устойчивость и способность к гидратации, играют решающую роль в обеспечении эффективного бурения. Реологические характеристики, включая пластическую вязкость, предел текучести и тиксотропность, определяют транспортные свойства раствора, его способность удерживать выбуренную породу и предотвращать образование пробок в стволе скважины. С учетом текущих вызовов, связанных с устойчивым развитием геологоразведки, актуальной задачей является разработка растворов с низким уровнем агрессивного воздействия на экосистему, особенно в районах с интенсивным использованием подземных вод и заслоненных коллекторов нефти и газа на месторождения Припятского прогиба [2]. Повышение экологической безопасности и снижение материальных затрат на бурение требует оптимизации рецептур и тщательного контроля параметров буровых растворов.

**Цель работы** - изучение и оптимизация коллоидно-химических и реологических свойств буровых растворов для обеспечения стабильности бурения в соленосных отложениях.

**Анализ полученных результатов.** При бурении использование буровых растворов изучается в контексте разработки сложных нефтяных месторождений, расположенных в зонах повышенной солености. Основные задачи, решаемые в процессе исследования, включают: Оптимизацию коллоидной стабильности бурового раствора, чтобы минимизировать флокуляцию и осаждение твердой фазы. Это достигается применением стабилизаторов на основе полимеров, таких как полиакриламиды и сополимеры акриламида. Контроль реологических свойств с целью обеспечения транспортировки выбуренной породы и предотвращения образования осадков. Введение ингибиторов гидратации, таких как соли кальция и магния, позволяет снизить риск размокания глинистых пород и стабилизировать стенки скважины. Снижение фильтрации бурового

раствора, что особенно важно в зонах с высоким градиентом пластового давления. Для этого применяются материалы с низкой проницаемостью, такие как крахмал, целлюлозные производные и органические полимеры. Испытания показали, что использование растворов с добавлением биополимеров и синтетических загустителей позволяет значительно уменьшить фильтрационные потери и улучшить устойчивость буровых стенок. Применение водорастворимых поверхностно-активных веществ (ПАВ) для регулирования смачиваемости породы снижает вероятность осложнений, связанных с отложением солевых пробок. Результаты исследований показывают, что правильно подобранные буровые растворы обеспечивают стабильность коллоидной системы при взаимодействии с соляными пластами, что минимизирует риск возникновения осложнений и увеличивает скорость бурения. Также особое внимание уделяется предотвращению контаминации водоносных горизонтов за счет использования экологически безопасных компонентов растворов.

**Заключение.** Коллоидно-химические и реологические свойства буровых растворов играют ключевую роль в эффективной разработке полезных ископаемых на территории Беларуси. Оптимизация этих характеристик позволяет повысить производительность буровых работ, снизить вероятность осложнений и обеспечить экологическую безопасность. Разработка рецептур буровых растворов с учетом геологических особенностей месторождений является важным этапом при бурении скважин и их освоении.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при подготовке данной работы.

### **Литература**

1 Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 2. – С. 90–97.

2. Порошин В.Д., Порошина С.Л. Засолоненные коллекторы нефти и газа (литологические и гидрогеохимические аспекты изучения и особенности освоения) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2023. – № 6 (378). – С. 25–33. DOI: 10.33285/2413-5011-2023-6(378)-25-33.

3. Порошин В.Д., Порошина С.Л. Прогноз изменения концентраций йода и брома в попутных водах нефтяных месторождений Беларуси при их использовании в качестве гидроминерального сырья // Литасфера. – 2023. – № 1 (58). – С. 130–144.

# ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В СКВАЖИНАХ. КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лобан А.В. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** В современном мире нефтегазодобычи и геологической разведки одним из ключевых аспектов является обеспечение долговечности и надежности скважин, что напрямую влияет на эффективность и безопасность процессов добычи полезных ископаемых [1]. Одним из основных факторов, способствующих снижению срока службы скважин, является коррозионное разрушение цементного камня, используемого для крепления обсадных труб и изоляции пластов.

**Цель работы** – повышение качества цементирования скважин. Разработка и применение коррозионностойких тампонажных материалов.

**Анализ полученных результатов.** Эффективность строительства скважин неразрывно связана с повышением качества их крепления, при этом наибольшая роль отводится тампонажным материалам, требования к качеству которых резко возрастают при наличии в пластовом флюиде сероводорода  $H_2S$  и углекислоты  $CO_2$ . В то же время наиболее широко применяемые в настоящее время тампонажные портландцементы имеют ограничения из-за низкой стойкости при высоких температурах и в кислых газах. Причем на фоне постоянной разработки технических решений по совершенствованию технологии строительства и реконструкции скважин установилось ошибочное мнение касательно того, что портландцементный камень устойчив к действию нефти. Однако многочисленные данные свидетельствуют об обратном: крепь скважины со временем разрушается, что проявляется в виде межпластовых перетоков, грифонов и потери герметичности обсадных колонн. Коррозия цементного кольца и обсадных труб приводит к преждевременному прорыву воды к скважине, затруднению эксплуатации скважины, и в итоге, к снижению добычи нефти из пластов.

Способов борьбы с коррозией цементного камня несколько. Кардинальным, но одновременно самым дорогим способом является гидроизоляция бетонных сооружений, исключаяющую всякую возможность проникновения воды или растворов вглубь бетонного тела, что исключает все разрушительные процессы.

Одним из общих способов повышения коррозионной стойкости является изготовление плотного водонепроницаемого бетона за счёт оптимизации его состава и тщательной укладки бетонной смеси.

Стойкость цементного камня в пресных водах можно повысить, регулируя его минералогический состав. Для этого снижают содержание в клинкере алита как основного источника  $Ca(OH)_2$ , выделяющегося при его

гидратации. Для повышения стойкости цемента в сульфатных водах, кроме того, целесообразно снизить содержание  $C_3A$ , вступающего в реакцию с гипсом.

Коррозионная устойчивость бетонов и растворов повышается при искусственном или естественном создании на поверхности корки, состоящей из карбоната кальция,  $CaCO_3$  возникает при взаимодействии свободной извести с углекислотой воздуха в присутствии воды. Углекислый кальций вследствие малой растворимости не выщелачивается пресной водой и не взаимодействует с сульфатами. Однако эта защитная корка имеет небольшую толщину (не более 5-10 мм) и легко разрушается при механическом воздействии.

Более совершенным, чем карбонизация, является способ повышения водостойкости цементного камня - пуццоланизация, заключающаяся в связывании  $Ca(OH)_2$  активным кремнезёмом, содержащимся в кислых активных минеральных добавках, называемых также пуццоланами.



Образующиеся при этом гидросиликаты серии CSH (В) являются очень плохо растворимыми соединениями и не вступают в реакцию с сульфатами. По составу они очень близки к гидросиликатам цементного камня, и их образование дополнительно упрочняет и уплотняет камень. Особенно важно, что при пуццоланизации связывание извести происходит не только с поверхности, но и по всему объёму твердеющего камня. Это не только технически самый совершенный и простой способ, но и наиболее экономически оправданный, приводящий одновременно и к уплотнению камня, и к связыванию коррозионно-опасных фаз. Однако пуццоланизация эффективна при действии только пресных и сульфатных вод. При работе бетона в кислых, углекислых и магниезальных средах химические методы борьбы с коррозией малоэффективны [1].

**Заключение.** Методов борьбы с коррозиями несколько, но в основном эти методы заключаются в понижении пористости материала и повышении его водонепроницаемости, чтобы у агрессивных сред было меньше возможности проникнуть вглубь бетонного слоя, что повышает качество цементного камня.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

### Литература

1. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 2. – С. 90–97.

# ВЛИЯНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лозко А.В. (студент гр. НР-11)

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

**Актуальность.** Эксплуатация нефтегазовых месторождений представляет собой сложный и многогранный процесс, который требует тщательного планирования и управления. С увеличением объемов добычи углеводородов, а также с усложнением технологий, возрастает и риск возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к серьезным экологическим и экономическим последствиям. В условиях растущих требований со стороны общества и государства к безопасности и устойчивому развитию, внедрение современных технологий становится необходимостью.

Инженерная графика, как инструмент визуализации и моделирования, играет ключевую роль в этом процессе. Она позволяет создать наглядные представления объектов и процессов, что способствует лучшему пониманию их структуры и функционирования. Визуализация данных помогает не только в проектировании новых объектов, но и в оптимизации существующих процессов, повышая уровень безопасности и эффективности эксплуатации нефтегазовых месторождений.

**Цель работы.** Цель данного исследования заключается в анализе влияния инженерной графики на безопасность и эффективность эксплуатации нефтегазовых месторождений. Для достижения этой цели необходимо решить несколько задач:

Определить преимущества использования инженерной графики в проектировании и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли.

Исследовать роль визуализации в управлении рисками и предотвращении аварийных ситуаций.

Оценить влияние инженерной графики на оптимизацию процессов добычи углеводородов.

Рассмотреть примеры успешного применения инженерной графики в нефтегазовой отрасли, чтобы продемонстрировать ее практическую значимость.

**Анализ полученных результатов.** Инженерная графика включает в себя различные методы визуализации, такие как 2D и 3D моделирование, а также компьютерные симуляции. Эти методы позволяют:

Выявление рисков на этапе проектирования: Использование 3D-моделей позволяет инженерам увидеть потенциальные проблемы еще до начала строительства или эксплуатации. Например, можно заранее оценить влияние различных факторов, таких как геология месторождения или климатические условия, на проектируемые объекты.

**Оптимизация процессов:** Моделирование процессов добычи углеводородов позволяет анализировать производительность оборудования и выявлять узкие места в производственной цепочке. Это приводит к более рациональному использованию ресурсов, снижению затрат и увеличению общей продуктивности.

**Обучение и подготовка персонала:** Визуальные модели служат основой для обучения работников, что снижает вероятность ошибок при выполнении операций. Использование симуляторов для подготовки сотрудников к различным сценариям (например, аварийным) позволяет значительно повысить уровень их готовности к реальным ситуациям.

**Мониторинг состояния оборудования:** Инженерная графика позволяет создавать модели систем и оборудования, что способствует их мониторингу в реальном времени. Например, использование датчиков и визуализации данных позволяет своевременно выявлять неисправности и предотвращать остановки в работе.

Примеры успешного применения инженерной графики включают проекты по созданию виртуальных моделей месторождений, которые позволяют проводить анализ резервуаров и оптимизировать процессы добычи. Такие подходы уже активно внедряются в ведущих нефтегазовых компаниях и показывают высокую эффективность.

**Заключение.** Инженерная графика является важным инструментом для повышения безопасности и эффективности эксплуатации нефтегазовых месторождений. Ее применение позволяет минимизировать риски, улучшить процессы проектирования и оптимизировать работу оборудования. В условиях постоянных изменений в отрасли использование инженерной графики будет продолжать развиваться, открывая новые возможности для безопасной и эффективной работы.

С учетом текущих тенденций в области цифровизации и автоматизации, можно ожидать дальнейшего роста значимости инженерной графики. Это включает внедрение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа больших объемов данных, что позволит еще более эффективно управлять процессами в нефтегазовой отрасли.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Захаренко Галине Николаевне за консультацию и помощь при проведении данного исследования. Ваши советы и поддержка были неоценимы в процессе работы над этой темой.*

#### **Литература**

1. Бурцев, А. И., Иванов, П. С. (2020). \*Инженерная графика в нефтегазовой отрасли: современные подходы и технологии\*. Москва: Издательство "Наука".
2. Смирнов, В. А., Петрова, Е. Н. (2019). \*Моделирование процессов добычи углеводородов: от теории к практике\*. Санкт-Петербург: Издательство "Геоцентр".

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНКОВ СОВЕТСКОГО ПАРКА ЭПОХИ 20 ВЕКА

Мазалевский И.А. (студент, гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** В современном мире существует проблема ускоренного развития методов металлообработки, а также ускорение времени на обработку различных типов деталей, увеличение объемов выпуска деталей, получение износостойких покрытий [1] и т.д.

**Цель данной работы** - показать актуальность и рентабельность модернизации станков прошлого века с использованием новых подходов..

### **Анализ полученных результатов**

Чтобы всегда идти в ногу со временем для этого необходимо огромное количество различных затрат, а именно: закупка нового оборудования, наем подрядных организаций для установки\монтажа нового оборудования, дальнейшая переквалификация обслуживающего персонала и рабочих и т.д. [2]. Поэтому, появилась альтернатива в виде модернизации универсальных станков, а именно: отказ от коробок скоростей, коробок подач, установки шарико-винтовых передач (ШВП), отказ от масляных насосов в пользу гидравлических линий и т.д.

Шарико-винтовая передача – разновидность линейного привода, превращающего вращательное движение ходового винта в поступательное движение гайки. Винт взаимодействует с гайкой не напрямую, а через шарики, что обеспечивает крайне малое трение и как следствие – высокий КПД работы передачи. Винт и гайка производятся с жесткими допусками, и могут быть использованы в оборудовании, где требуется высокая точность перемещения и позиционирования [3].

Шариковая гайка обычно более крупная, чем гайка трапецевидного винта из-за расположения в ней шариков и каналов для их рециркуляции.

ШВП подразделяются на 2 типа:

**Прецизионные ШВП.** Данные ШВП имеют класс точности от C0 до C5. Прецизионные ШВП в отличие от обычных ШВП оснащены сепараторами шариков, что исключает столкновение и трение между шариками и повышает удержание смазки. Это позволяет добиться снижения уровня шума, уменьшения колебаний крутящего момента и увеличения интервалов между техническим обслуживанием.

**Обычные ШВП.** Данные ШВП имеют класс точности от C7 до C10. Следовательно и требования точности к ним меньше. Самые распространенные ШВП в самодельных станках имеют класс точности C7. Они имеют погрешность  $\pm 50$  микрон, то есть суммарная погрешность будет

в пределах 100 микрон (0,01 мм) на длине 300мм. ШВП данных классов точности производятся методом накатки.

В принципе, исходя из всего вышеописанного можно подвести итог.

Данные модернизации существенно могут снизить затраты на переоборудование станочного парка и вполне легко модернизированные станки могут конкурировать с более новыми готовыми решениями с ЧПУ.

Данная модернизация подходит для широкого спектра металлорежущих станков, таких как: фрезерные, зубонарезные, зубодолбежные, координатные и другие станки.

В данной теме можно выделить несколько ключевых моментов:

1. Рентабельность модернизации по сравнению с закупкой нового оборудования.

2. Уменьшение количества затрат на обучение и(или) переквалификацию рабочего персонала (наладчиков, операторов и т.д.).

3. Получение станка после модернизации с капитальным ремонтом.

4. Уменьшение времени обработки деталей

**Заключение.** Модернизация станков советского парка имеет как положительные стороны, так и вызывает некоторые затруднения.

Среди основных преимуществ можно выделить низкую себестоимость самой модернизации относительно закупки станка, уменьшение количества рабочих закрепленных за станком для его обслуживания (путем перевода на автоматику), уменьшение затрат на обучение и переобучение рабочего персонала и т.д.

Но также существуют и минусы, а именно: затраты на время, модернизация станка занимает довольно продолжительное время, нежели приобретение нового станка.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. доцента кафедры технологии машиностроения, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Пантелеенко, Е. Ф. Применение отходов производства дробы для получения функциональных покрытий методом наплавки ТВЧ / Е. Ф. Пантелеенко, Г. В. Петришин // *Литье и металлургия* : научно-производственный журнал. – 2012. – № 3. – С. 114–116.

2. Невзоров, М. В. Сравнительный анализ промышленных и научно-исследовательских станочных систем [Электронный ресурс] / М. В. Невзоров ; науч. рук. Г. В. Петришин // *МИТРО 2023 – Машиностроение. Инновации. Технологии. Робототехника* : тезисы докл. науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых / Гомель, 6 декабря 2023 г. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2023. – С. 70.

3. Шубин А. А., Бритвихин В. А. Пути модернизации станочного парка на промышленных предприятиях // *Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ*. – 2005. – №. 5. – С. 148-149.

## МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Мамрук Р.Е. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** Буровые растворы являются неотъемлемым элементом любого процесса бурения. Они выполняют множество задач, включая транспортировку выбуренной породы, смазку долота, создание противодавления для предотвращения выбросов и поддержание устойчивости стенок скважины [1]. В условиях Беларуси, где активно добываются полезные ископаемые, такие как калийные соли и нефть, эффективность использования буровых растворов определяет экономическую целесообразность буровых работ. В последнее время особое внимание уделяется экологической безопасности буровых растворов, что обусловлено ужесточением требований природоохранного законодательства и условий их хранения [2].

**Цель работы** - является исследование современных материалов и химических реагентов, применяемых в составе буровых растворов в Беларуси, а также оценка их влияния на производительность буровых процессов и экологическую безопасность. Исследование направлено на выявление возможностей использования местных сырьевых ресурсов и разработку более экономичных и безопасных решений.

**Анализ полученных результатов.** Рассмотрение состава буровых растворов, применяемых в Беларуси, показало широкое использование бентонитовых глин и полимерных добавок. Бентонитовые глины, добываемые в соседних регионах, обладают высоким качеством и обеспечивают хорошие реологические свойства раствора [3]. Полимерные реагенты, такие как ксантановая камедь и полиакриламиды, применяются для улучшения устойчивости раствора и регулирования его вязкости. Одним из перспективных направлений является использование отходов переработки калийных солей, которые могут служить основой для химических реагентов. Это позволяет снизить себестоимость растворов и уменьшить нагрузку на окружающую среду за счет утилизации отходов. Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность ингибиторов коррозии и биоразлагаемых добавок в сложных геологических условиях Беларуси.

Существует множество добавок для буровых растворов. Эти добавки к буровому раствору представляют собой химические вещества, добавляемые в буровой раствор с целью изменения свойств и состава бурового раствора. Тем не менее много усилий было уделено составлению бурового раствора, главным образом, для повышения качества и функциональности буровых растворов, а также для соблюдения более строгих законов о загрязнении окружающей среды или поверхностных и подземных вод. Некоторые из них

используются для контроля рН, то есть для контроля химических реакций (ингибирования или усиления) и смягчения коррозии бурильной колонны. Поскольку сейчас используются синтетические добавки, несколько ученых ориентировали свои исследования на применение натуральных продуктов в качестве добавок к этим химическим веществам [4]. Также была выявлена возможность модификации традиционных буровых растворов путем добавления органических стабилизаторов, что позволяет снизить расход полимеров без ущерба для их эксплуатационных характеристик. Дополнительно отмечается, что использование местных материалов сокращает потребность в импортных реагентах, снижая валютные затраты предприятий. Экологическая оценка показала, что биоразлагаемые реагенты оказывают минимальное воздействие на окружающую среду, что особенно важно при разработке месторождений, расположенных вблизи охраняемых природных территорий.

**Заключение.** Исследование подтвердило, что разработка эффективных и экологически безопасных буровых растворов для условий Беларуси возможна за счет использования современных реагентов и материалов местного производства. Внедрение инновационных технологий и сотрудничество с научными организациями, такими как Университет имени П.О. Сухого, способствует улучшению качества бурения и снижению его воздействия на окружающую среду. Применение биоразлагаемых добавок и местного сырья должно стать приоритетным направлением развития в данной области [1].

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, магистру Атвиновской Татьяне Владимировне, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Шемлей, Н.В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2020. – № 2. – С. 90–97.
2. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2022. – 109 с.
3. Косач А.Ф., Мемячкин, К.А., Курбанова, Р.Б., Педун, Г.А. Применение буровых шламов в составе цемента-шламовых вяжущих при строительстве нефтяных и газовых скважин // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплекс: проблемы, перспективы, инновации. – 2021. – С. 395-398.
4. Лаврентиади Ю.С., Леушева Е.Л. Повышение экологичности технологических жидкостей, применяемых для бурения скважин //Недропользование. – 2023. – Т. 23. – №. 1. – С. 32-43.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТЕЙНЕРОВ С УСТАНОВЛЕННЫМИ ГИБКИМИ ЕМКОСТЯМИ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ

**Маркавцов А.А.** (аспирант)

*Белорусский государственный университет транспорта,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** С постоянным увеличением объемов международной торговли возрастает потребность в безопасной, быстрой, недорогой и эффективной транспортировке жидких грузов. Поскольку пункт отправления и пункт назначения могут располагаться на значительном расстоянии друг от друга, перевозка грузов в универсальных контейнерах является наиболее предпочтительным вариантом. Жидкие грузы в них могут транспортироваться в специальных гибких емкостях – флекситанках, Исследование динамики флекситанков позволит выявить потенциальные риски и разработать меры по предотвращению утечек и аварий, что критически важно для защиты окружающей среды и здоровья населения.

**Цель работы.** Исследование аспектов применения гибких емкостей для перевозки наиболее часто транспортируемых жидких грузов.

**Анализ полученных результатов.** Флекситанки, эластичные резервуары, предназначенные для хранения и транспортировки жидких грузов, становятся все более востребованы в современном логистическом мире. Возможность штабелирования делают их идеальными для мультимодальных перевозок, где требуется быстрое и эффективное переключение между различными видами транспорта – от железнодорожного до морского и автомобильного [1].

Однако гибкие емкости могут быть подвержены механическим повреждениям, что может привести к утечкам. Отсутствие единых стандартов для производства и тестирования гибких емкостей затрудняет их внедрение на международной арене. Гибкие емкости могут не всегда выдерживать экстремальные температуры, что может ограничивать их применение. Разработка и внедрение строгих стандартов и сертификаций на данный момент остаются важными задачами.

Необходимы более эффективные методы мониторинга и предотвращения утечек, а также улучшенные системы контроля. Внедрение новых технологий, таких как IoT для контроля состояния гибких емкостей, не полностью реализовано. Исследования и разработки в этой области могут существенно повысить безопасность и эффективность [2].

Эти нерешенные проблемы требуют внимания исследователей для повышения безопасности и эффективности применения гибких емкостей в транспортировке жидких грузов различными видами транспорта.

Когда речь идет о математическом моделировании динамики жидкости в гибких резервуарах, существуют несколько ключевых проблем, связанных с изменением положения стенок резервуара.

Гибкие стенки резервуара могут деформироваться под давлением жидкости, что приводит к изменению его формы и объема. Это усложняет применение стандартных подходов, основанных на фиксированных геометриях.

Динамика жидкости в резервуаре зависит от состояния стенок, которое может меняться. Это создает сложности в определении граничных условий для математических моделей. Деформация стенок может влиять на поток жидкости, создавая дополнительные силы и моменты. Необходимо учитывать взаимодействие между движением жидкости и деформацией стенок. Это может потребовать применения методов, таких как метод конечных элементов, а также методов, учитывающих взаимодействие между жидкостью и стенками.

Модели, учитывающие гибкость стенок, требуют тщательной экспериментальной верификации, чтобы обеспечить адекватность и точность результатов.

Имеющиеся стандартные подходы к математическому моделированию динамики жидкости оказываются неприменимыми в условиях, когда стенки резервуара являются гибкими и изменяют свое положение в пространстве. Это связано с тем, что традиционные модели, основанные на фиксированных геометриях, не способны адекватно учитывать динамику и взаимодействие между жидкостью и деформируемыми стенками. Поскольку форма и объем резервуара меняются под воздействием внутреннего давления, а также изменения температуры, возникает необходимость в разработке новых методов, которые учли бы эту динамическую изменчивость и позволили бы более точно описать поведение системы в реальных условиях.

**Заключение.** Исследования, посвященные флекситанкам, являются достаточно ограниченными, что затрудняет всестороннюю оценку их эффективности и возможностей. Данный пробел в научной литературе указывает на необходимость проведения более углубленных исследований в этой области для оптимизации их применения в грузоперевозках. Результаты исследования могут быть полезны для повышения безопасности и эффективности транспортировки жидких грузов в гибких емкостях.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Гегедеш Марине Григорьевне, к.т.н., доценту за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1 **Лутай, А.П.** Особенности, преимущества и недостатки грузоперевозок во флекситанках // А.П. Лутай, П.В. Куренков / Техник транспорта: образование и практика. – 2020. – Т. 1. – Вып. 1-2. – С. 83-87.

2 Кошля Г. И., Гегедеш М. Г. Использование компьютерного моделирования для оценки эффективности демпфирования колебаний жидкостей в прицепах-цистернах сельскохозяйственных машин // Научный форум: технические и физико-математические науки. – 2022. – С. 51-61.

## **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ**

**Мартынов П.В.** (студент группы ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** В настоящее время электродуговые сталеплавильные печи (ЭДСП) стали основным металлургическим агрегатом, в котором осуществляется выплавка полупродукта для последующего производства стали как рядового качества, так и легированных. ЭДСП вместе с установками внепечной обработки металла и машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) позволяют при значительно меньших затратах энергии и минимальном влиянии на окружающую среду получать высококачественную сталь.

**Цель работы** – проанализировать наиболее перспективные способы повышения производительности ЭДСП.

**Анализ полученных результатов:** Основным сырьем для ДСП является амортизационный лом, хотя для выплавки может быть использовано и первородное металлургическое сырье, такое, как губчатое железо, металлизированные окатыши, брикеты и т.д.

Металлолом содержит скрытую энергию, затраченную на восстановление железных руд, поэтому на получение 1 т стали из лома необходимо затратить примерно 30% той энергии, которая необходима для переплава руды в доменной печи и затем для обработки чугуна в конвертере.

Структура себестоимости производства стали в ЭДСП на РУП «Белорусский металлургический завод» показывает, что наибольшие расходы приходятся на потребление электроэнергии. Поэтому задача сокращения времени плавки под током не только будет способствовать повышению производительности, но и снизит удельное потребление электроэнергии.

Общая задача организации работы ЭДСП сводится к максимальному ускорению процесса выплавки полупродукта, одновременно с процессом плавления происходит дефосфорация.

При завалке шихты в два приема в подвалку наиболее эффективно загружать примерно 30-35% от всей массы шихты. Основанием этой рекомендации служит требование поддерживать максимум мощности дуг на протяжении почти всего плавления, для чего необходимо максимальное заполнение печи (вплоть до 80% объема), что также минимизирует тепловые потери излучением на стены. Предварительный подогрев шихты ускоряет процесс плавления не только за счет дополнительной теплоты, но и благодаря лучшим условиям горения мощных дуг [1].

Применение топливо-кислородных горелок (ТКГ) в зонах печи, где наблюдаются пониженные температуры, позволяет получить ровный фронт плавления. Использование газообразного кислорода позволяет не только окислить примеси, но ускорить процессы расплавления шихты и интенсифицировать процессы теплообмена в наплавляемой ванне за счет поддержания ее кипения. Соответственно меняющимся условиям плавки трансформируются и способы ввода кислорода в ЭДСП. При плавлении его подают через нефутерованные стальные трубки, а также через ТКГ с избытком к расходуемому топливу. Доплавление и нагрев металла ведут с помощью либо расходующих трубок с покрытием, либо водоохлаждаемых сводовых или стеновых фурм. Кроме того, кислород можно подавать при помощи дверной водоохлаждаемой фурмы, а также манипулятора ввода стальных трубок через рабочее окно [1].

Применение донной продувки позволяет при помощи инертного газа производить перемешивание расплава со шлаком, мелкие пузырьки оказывают фильтрующее воздействие на металл, кроме того, это способствует усреднению температуры и химического состава металла [2]. При использовании донной продувки содержание фосфора в металле после расплавления в 1,3—1,5 раза, а серы в 1,2 раза меньше, чем без продувки [3].

Еще одним эффективным способом повышения производительности ЭДСП является снижение температуры перегрева металла в печи. Наиболее эффективными приемами, способствующими этому процессу, являются:

- заблаговременный высокотемпературный разогрев футеровки ковшей;
- эта же операция и по отношению к материалам, применяемым в процессе доводки;
- применение эффективных теплоизолирующих материалов в футеровке ковшей, а также теплоизоляционных крышек ковша в течение, по возможности, большего времени пребывания металла в ковше.

**Заключение.** Проанализировав новейшие разработки по производству стали в ЭДСП, можно сделать вывод, что наибольшую производительность стали обеспечивают: предварительный подогрев шихты, применение топливо-кислородных горелок, применение донной продувки и снижение температуры перегрева металла в печи.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю, доценту Царенко Ирине Владимировне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Смирнова Е.Ю., Миронова А.Н. Использование тепла отходящих газов ДСП для подогрева шихты // *Электрометаллургия*. – 2003. – №2. – С. 13–19.
2. Щербина В.Н., Пильчук Р.Н., Касьян Г.И., Гарченко А.С. Современная технология производства электростали // *Черная металлургия*. – 2003. – №10. – С. 47–49.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Маслак Е.И. (студент, гр. ИТП-41)

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

**Актуальность.** Разработка модели автоматизированной мобильной платформы в настоящее время является крайне актуальной в связи с постоянным ростом числа роботизированных платформ в различных сферах.

**Цель работы** — создание робототехнической системы, способной отслеживать линию [1.]

**Результаты.** Основной проблемой всех ныне существующих мобильных аппаратов, перемещающихся самостоятельно, без управления со стороны человека, остается навигация. Для успешной навигации в пространстве бортовая система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения (задавать угол поворота колес и скорость их вращения), правильно интерпретировать сведения об окружающем мире, получаемые от датчиков, и постоянно отслеживать собственные координаты  $x^2$ .

Инновационные подходы к разработке таких платформ способствуют повышению производительности труда, расширению рынка и обогащению пользовательского опыта в цифровой среде.

Целями работы по разработке модели автоматизированной мобильной платформы являются:

- ознакомление с основами робототехники: научиться проектировать и собирать простую робототехническую систему;
- изучение работы с Arduino: узнать, как программировать *Arduino* для управления различными компонентами;
- разработка алгоритмов управления: реализовать алгоритм, позволяющий отслеживать линию.

Результатом работы является создание простой мобильной платформы, которая будет следовать за черной линией на светлом фоне, используя платформу *Arduino*, инфракрасные датчики и двигатели (рисунок 1).

Для достижения поставленной цели была произведена сборка платформы, установка микроконтроллера, подключение всех компонентов по принципиальной электрической схеме, а также установка инфракрасных датчиков линии.

В ходе выполнения работы была произведена загрузка и отладка управляющей программы. Кроме того, были показаны изображения готовой платформы и трассы для испытаний, представлена программа и выполнен практический запуск мобильной платформы.



Рисунок 1 – Мобильная платформа, отслеживающая линию

Анализ полученных результатов в рамках разработки модели автоматизированной мобильной платформы позволяет оценить работу инфракрасных датчиков, изучить основы программирования на *Arduino*, ознакомиться с основными принципами работы 8-ми битного контроллера *ATmega328P*, изучить азы машинного зрения.

В процессе данной работы мы видим, насколько просто реализуются проекты с применением *Arduino*, которые в иных условиях оказываются очень сложными. Возможности создания проектов на мобильной платформе ограничены лишь нашим воображением: дистанционное управление, отображение графической информации, подключение по *Bluetooth* и *WiFi*, работа с исполнительными механизмами и многое другое [3].

Опыт, накопленный в процессе разработки мобильной платформы, является ценным и может быть применен при создании будущих проектов.

В целом, разработка модели автоматизированной мобильной платформы представляет собой важный этап в современной индустрии информационных технологий.

Автоматизация складских процессов и роботизация складов является одним из актуальных направлений развития робототехники. Несмотря на актуальность данного направления, в мире существует пока очень мало готовых рабочих решений.

*Выражаю признательность и благодарность научному руководителю профессору Михайлову М. И. за консультацию и помощь при проведении данной работы.*

### **Литература**

1. Бокселл, Дж. Изучаем *Arduino*. 65 проектов своими руками. – СПб. : Питер, 2017. – 400 с.
2. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера *Arduino*. – СПб. : ВВХ-Петербург, 2014. – 400 с.
3. Белов, А.В. Программирование *Arduino*. Создаем практические устройства. – СПб. : Наука и Техника, 2013. – 272 с.

## **РОБОТИЗИРОВАННАЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНАЯ ПЛАТФОРМА С FPV-КАМЕРОЙ**

**Матрунчик Ю.Н., Стреха С.А.**

*Белорусский национальный технический университет,  
УО «Национальный детский технопарк»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Автоматизация и роботизация предприятий является неотъемлемой частью повышения эффективности и безопасности производства, повышения уровня доходов и снижение нагрузки на персонал. Сфера создания и внедрения манипуляторов перспективна не только для производственных процессов, но и для медицины, образования, космонавтики, строительства и иных сфер человеческой деятельности [1].

С развитием технологий и увеличением объемов товарооборота в складской логистике возникает необходимость в повышении эффективности процессов хранения и транспортировки товаров. Традиционные методы могут быть недостаточно быстрыми и экономичными, что приводит к увеличению затрат и времени обработки заказов. Внедрение роботизированных систем, таких как транспортировочные платформы с FPV-камерами, является актуальным решением, способствующим оптимизации складских операций.

Роботизированные платформы способны выполнять задачи по транспортировке товаров без человеческого вмешательства, что уменьшает вероятность ошибок и повышает скорость обработки. Использование таких платформ позволяет сократить время на перемещение грузов, что ведет к повышению общей продуктивности склада. Автоматизация позволяет освободить сотрудников от рутинной работы, позволяя им сосредоточиться на более сложных и творческих задачах. Возможность дистанционного управления и мониторинга в реальном времени улучшает контроль за процессами и помогает быстро реагировать на возникшие проблемы. Роботизированные платформы могут снижать риск травматизма на складе, так как они берут на себя более опасные операции. Такие роботы также могут снизить затраты производства, улучшить качество обслуживания клиентов, собирать и анализировать данные о товарах на производстве.

Цель: разработка роботизированной транспортировочной платформы, действия которой можно отслеживать при помощи FPV-камеры.

Задачи: анализ текущих решений на рынке роботизированных транспортировочных систем; разработка концепции и дизайна транспортировочной платформы; определение необходимых характеристик; создание 3D модели робота; проектирование электрической принципиальной схемы; проектирование и программирование системы управления для платформы; реализация алгоритмов навигации и автоматизации движений; интеграция камеры с системой управления для дистанционного мониторинга;

создание прототипа транспортировочной платформы; интеграция систем обнаружения препятствий и автоматической остановки.

На этапе проектирования был осуществлен анализ существующих аналогов, что позволило адаптировать лучшие технические решения для конкретных задач проекта. Основные компоненты, такие как шаговые двигатели, лазерные и ультразвуковые датчики, а также микроконтроллер, были выбраны с учетом требований надежности и производительности. Компактный и легкий корпус, созданный с помощью CAD-системы SolidWorks, позволил не только упростить сборку устройства, но и обеспечить его устойчивость при движении на высоких скоростях [2].

Программная часть проекта была реализована на базе среды Arduino IDE и Visual Studio Code, что позволило гибко управлять движением и безопасностью устройства. Для навигации и планирования маршрутов была разработана система, позволяющая автоматизировать перемещение платформы по заранее заданной траектории и избегать препятствий. Этот алгоритм сочетает методы маршрутизации и взаимодействия с сенсорами, что обеспечивает высокую точность работы. Система управления была дополнительно протестирована на полигоне, что позволило выявить и устранить возможные недостатки еще на стадии разработки.

Особое внимание было уделено системе питания и защите компонентов от перегрузок. Были произведены расчеты для выбора подходящих аккумуляторов, учитывающих требования к длительной автономной работе, а также выбраны схемы защиты, предотвращающие перегрев или короткие замыкания. Применение лазерных датчиков позволило увеличить точность определения расстояний, что является важным для обеспечения безопасности и эффективности работы в ограниченных пространствах складских помещений.

Важным этапом разработки стало создание пользовательского интерфейса и настройка средств дистанционного управления. Благодаря FPV-камере оператор может отслеживать положение и состояние платформы, что облегчает контроль за транспортировкой и дает возможность быстрого реагирования на непредвиденные ситуации. Эта функция позволяет не только улучшить управление устройством, но и снизить риск повреждений оборудования и грузов, что особенно актуально в условиях автоматизированных складов.

### **Литература**

1. Сажнев, А. М. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие для академ. бакалавриата : для студ. вузов, обучающихся по инж.-техн. направлениям / А. М. Сажнев. – М. : Юрайт, 2018. – 139 с.
2. Стандарт C++: перевод, комментарии, примеры / ред. перевода: Е. А. Зуев, А. А. Чупринов. – М. : ВАШ ФОРМАТ, 2016. – 886 с.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОЕМКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

МАТЪЯКУБОВ А. (аспирант)

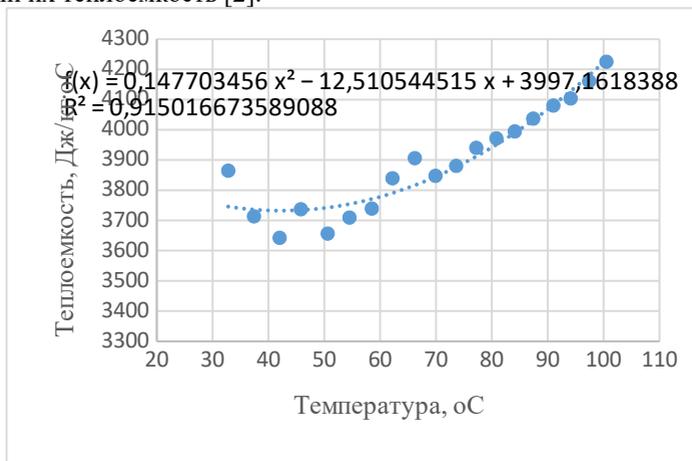
Государственный энергетический институт Туркменистана, г.Мары

**Актуальность.** Сегодня определения теплоемкости различных отработанных масел представляет собой особый интерес с точки зрения их использования в качестве теплоаккумулирующих материалов в концентрированных солнечных станциях, т.к. себестоимость полученной продукции на прямую зависит от типа технологии производства электрической энергии, а также отработанные масла являются одними из основных видов продукции, которые не представляют собой их повторного использования и введут к экологическому загрязнению планеты [1].

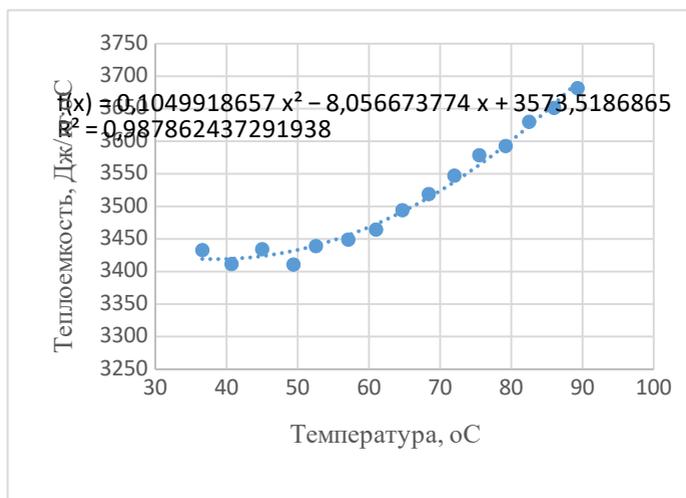
**Цель работы.** Для повышения эффективности системы аккумуляирования, огромный научный интерес представляет использование местных ресурсов, но в первую очередь необходимо провести научные разработки и исследования по их использованию.

**Результаты и их обсуждение** Особый интерес представляет использование отработанных моторных масел и масла остаточные после многочисленной прожарки рыбы, т.к после определенного времени их использования не представляется возможным их утилизация.

В данной научной статье представлены результаты исследования по определению теплоемкости различных отработанных масел. Для определения теплоемкости мы использовали косвенный метод, т.е. в лабораторных условиях с помощью потреблённого количества тепла маслами за время  $t$ , мы определили их теплоемкость [2].



а



б

Рис.1. График зависимости теплоемкости отработанного моторного масла (а) и масла от прожарки рыбы (б) от температуры

Как видно из графиков, теплоемкость напрямую зависит от температуры и с увеличением температуры и увеличивается теплоемкость.

С помощью полученных уравнений можно вычислить теплоемкость масла для любой температуры. Например, для температуры 125 °С теплоемкость отработанного моторного масла составляет 4741,1 Дж/кг·°С, а для масла от прожарки рыбы составляет 4207,038 Дж/кг·°С.

**Закключение.** Конечно, первоначальное определение их теплоёмкости недостаточно для их внедрения в систему аккумулялирования тепловой энергии. Необходимо провести дополнительные исследования по их сохранению химического и физического состава при высоких температурах.

### Литература

1. Avezova N.R., Khaitmukhamedov A.E., Usmanov A.Yu., and Boliyev B.B. "Solar Thermal Power Plants in the World: The Euperience of Development and Operation", Applied Solar Energy, vol.53, no. 1, pp. 72-77, 2017.
2. Jumayev Bayram and Nazarov Serdar. Smart Calculation of Heat Energy Supplied by Hot Water.// IEIESPC (IEIE Transactions on Smart Processing and Computing) IEIESPC Vol. 12, No. 02, p.155-161.

# ВЛИЯНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МАХАНОВ Д.М. (студент, гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** Многофакторные математические модели в области машиностроения играют ключевую роль в принятии проектных решений, с оценкой их качества, основанных на данных экспериментов. Они позволяют учитывать большое количество переменных и их взаимодействий, что критически важно для оптимизации процессов проектирования и совершенствование различных элементов конструкций [1].

**Цель работы** - исследование и анализ применения многофакторных математических моделей в области машиностроения, которые обеспечивают повышение эффективности проектирования, производства и эксплуатации машин и оборудования.

**Анализ полученных результатов.** В последнее время машиностроение претерпевает значительные изменения, где одним из ключевых направлений становится внедрение многофакторных математических моделей при решении инженерных задач [2]. Эти модели обеспечивают системный подход к анализу и оптимизации сложных процессов, позволяя учитывать множество факторов одновременно. Многофакторные модели могут стать важным инструментом в таких сферах, как:

производственные процессы: оптимизация операций на этапе проектирования и выбора технологий производства, улучшение качества и сокращение времени изготовления;

конструирование: моделирование поведения конструкций под различными нагрузками и условиями эксплуатации с целью повышения их надежности и долговечности;

управление запасами: эффективное планирование и управление ресурсами, что критично для поддержания бесперебойной работы производств;

разработка новых материалов: оценка свойств и поведения новых композиций для достижения заданных характеристик.

Автоматизация и роботизация: Создание алгоритмов для оптимизации работы автоматизированных систем в производственных линиях.

Использование ротатбельного планирования второго порядка в этих областях позволяет не только повысить эффективность процессов, но и снизить затраты, что в современных условиях конкуренции важно для успешного развития машиностроительных предприятий. Сам же метод предполагает гибкость в управлении ресурсами и адаптивность к изменениям рыночных условий, что особенно важно в условиях современного рынка.

Достоинства данного подхода заключаются в высокой точности прогнозирования результатов, что позволяет минимизировать риски, связанные с производственными убытками и несоответствиями в качестве продукции. Модель также способствует более эффективному распределению ресурсов и времени, что в конечном итоге повышает конкурентоспособность предприятия.

К недостаткам ротатабельного планирования второго порядка можно отнести:

сложность внедрения: разработка и внедрение ротатабельного планирования может быть сложным процессом, требующим значительных инвестиций в технологии и обучение персонала;

чувствительность к данным: как и в любых моделях, неточности в исходных данных могут приводить к неверным выводам и решениям;

необходимость частого пересмотра: требует регулярного пересмотра и обновления программного обеспечения, что может быть ресурсозатратным;

потенциальные затраты на программное обеспечение: высокая стоимость программного обеспечения и технологий, необходимых для эффективного использования ротатабельного планирования.

Принципы использования ротатабельного планирования включают определение ключевых переменных, построение математических зависимостей между ними и применение алгоритмов для нахождения оптимальных решений. Эти принципы позволяют наглядно визуализировать данные и интерпретировать результаты, что упрощает процесс принятия решений на всех стадиях производства.

**Заключение.** Несмотря на некоторую сложность реализации, метод предоставляет надежные статистические оценки, делая его ценным инструментом в исследованиях и инженерных задачах и может эффективно применяться для оптимизации проектных решений и снижения сроков разработки в машиностроении.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, доценту кафедры «Технология машиностроения», Царенко И.В., за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Путьято А.В. Совершенствование элементов конструкций вагона-цистерны с учетом взаимодействия с перевозимым жидким грузом //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2010. – №. 1. – С. 113-122.

2. Шимановский А.О., Путьято А.В. Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD //Вестник Уральского государственного технического университета-УПИ. – 2005. – №. 11. – С. 103-110.

# ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И СОКРАЩЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК В МАШИНОСТРОЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ SMART GRID

МАШКОВ М.М. (студент, гр. ЗТМ-42с)

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

**Актуальность.** Машиностроительные предприятия относятся к числу энергоёмких, поэтому для них важно сократить энергопотребление и затраты, связанные с эксплуатацией оборудования. Внедрение инновационной системы Smart Grid в машиностроении позволит улучшить управление энергетическими задачами, а также повысить гибкость и надежность энергоснабжения [1].

**Цель работы** – изучить возможности: 1) повышения энергоэффективности и сокращения издержек в машиностроении в результате использования системы SMART GRID и 2) апробации системы управления энергопотреблением на базе Smart Grid, на машиностроительных предприятиях.

**Анализ полученных данных.** Исследование проводилось на базе машиностроительных предприятий, использующих широкий спектр энергоёмких установок и технологического оборудования, такого как металлорежущие станки, компрессоры, печи и другие устройства.

Первичный анализ показал, что возможными факторами высоких энергозатрат на этих предприятиях являются:

неравномерность распределения нагрузки между производственными участками;

отсутствие систематического контроля за энергопотреблением на отдельных участках;

применять традиционные энергосистемы и защищать степень автоматизации в управлении энергетическими задачами.

Для повышения энергоэффективности предлагается реализовать следующие мероприятия:

**Интеллектуальный учет и мониторинг:** на каждом участке предприятия устанавливаются интеллектуальные счетчики, позволяющие фиксировать потребление энергии в режиме реального времени. Это дало возможность отслеживать энергопотребление отдельных машин и участков, что облегчило появление "узких мест" и неэффективных потребителей [2].

**Автоматизированные системы управления энергопотреблением:** Внедрены АСУ, способные прогнозировать потребление энергии, изменять распределение ресурсов и автоматически регулировать работу энергоёмких установок на основе текущей нагрузки и графики работы.

Реализация данных мероприятий позволяет добиться следующих конкретных результатов:

Апробация предложенных мероприятий на нескольких предприятиях показала значительное снижение издержек на 10-25% в зависимости от объема внедрения технологий Smart Grid. Также отмечено улучшение общей энергоэффективности процессов, что способствовало повышению конкурентоспособности предприятий.

Сокращение выбросов издержек на 5-8% Благодаря выявлению и устранению неэффективных узлов и оборудования.

Обеспечивается надежность энергоснабжения за счет перехода на цифровые системы Диптихи и прогнозирования.

Апробационные системы. Разработанная система была протестирована на пилотной производственной линии, позволяющей оценить ее эффективность в существующих условиях. Апробация показала, что Smart Grid позволяет автоматизировать ряд процессов и минимизировать участие человека в управлении энергоресурсами, что снижает вероятность ошибок и гарантирует оперативность принятия решений.

Обеспечивается надежность энергоснабжения, что достигнуто за счет размеров Диптихов, прогнозирования потребления и управляемого управления графиком [2]. Это позволит минимизировать количество аварийных ситуаций и продлить срок службы оборудования.

**Заключение.** В результате проведенных исследований и апробации системы Smart Grid в машиностроении удалось обеспечить надежность и эффективность, технологии эффективности для повышения энергоэффективности и снижения затрат издержек. Разработанная система на базе Smart Grid не только ограничивает управление энергоресурсами, но и обеспечивает надежность производственных процессов, позволяет сократить общие затраты на энергоснабжение и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Перспективы дальнейшего развития Smart Grid в промышленности очень важны, так как цифровые технологии позволяют адаптировать системы управления в соответствии с потребностями предприятий, настраивать их в соответствии с производственными задачами и обеспечивать долгосрочную устойчивость и экономию

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература.**

1. Иванова Т. Н., Ратников И. А., Муйземнек А. Ю. Совершенствование методов решения типовых конструкторских и технологических задач путем применения компьютерного моделирования //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2020. – №. 1 (53). – С. 103-112.
2. Михайлов, М. И. Оптимизация робототехнического комплекса по критериям надежности / М. И. Михайлов, К. В. Лукьянчик, К. М. Михайлов // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 4.— С. 5-13.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА 6 И ПОЛИОЛЕФИНОВ

**МЕЛЬНИКОВ В.Д., ШКУРАТОВ М.В.** (студенты)

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

**Актуальность.** Среди полимерных смесей инженерно-технического назначения особое место, вследствие ряда уникальных потребительских свойств, принадлежит смесям полиамида 6 (ПА6) с полиолефинами (ПО). Для практического освоения подобного рода материалов необходимо решить проблему совместимости ПА6 и ПО. Перспективным решением данной задачи характеризуется подход, базирующийся на реализации физико-химических взаимодействий на границе раздела фаз в данных смесях посредством использования функционализированных ПО (ФПО), содержащих в своей структуре привитые адгезионно-активные функциональные группы.

Цель **работы** – анализ деформационно-прочностных свойств и ударной вязкости смесей на основе полиамида 6 и функционализированного полиэтилена высокой плотности.

**Анализ полученных результатов.** Для получения полиамидных смесей гранулированные компоненты (ПА6, исходные ПЭВП или ФПЭВП) смешивали между собой в двухлопастном смесителе. Гранулят ПА6 предварительно высушивали до остаточной влажности не более 0,1 %. Далее полученную механическую смесь, включающую ПЭВП или ФПЭВП, подвергали соэкструзии в расплаве. Температура в основных зонах смешения материального цилиндра двухшнекового экструдера TSSK-35/40 для смесей на основе ПА6 составляла 245 – 250 °С.

Показатели механических свойств материалов определяли при испытаниях методами растяжения. Образцы представляли собой лопатки с размером рабочей части 45x5x2 мм. Лопатки получали методом литья под давлением на термопластавтомате. Определяли модуль упругости при растяжении, предел текучести, прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве. Испытания проводили на универсальной машине Instron 5567. Метод ударного разрушения по Шарпи использовали для определения ударной вязкости материалов. Испытания проводили на маятниковом копре РИТ550J. Использовали бруски размером 80x10x4 мм. Перед испытаниями на образец наносили острый или прямоугольный надрез. Глубина надреза составляла: для образцов с острым надрезом –  $0,8 \pm 0,1$  мм; для образцов с прямоугольным надрезом –  $1,2 \pm 0,1$  мм.

В результате исследования свойств полиамидных смесей было показано, что использование ФПЭВП позволяет управлять свойствами ПА6 и получать материалы с улучшенным комплексом ударо- и деформационно-прочностных свойств (Таблица). Добавки ФПЭВП в количестве 15–30 мас.% повышают

ударную вязкость ПА6 на образцах с острым ( $a_{KB}$ ) и прямоугольным ( $a_{KA}$ ) надрезами в 1,8–8,5 раз. Установлено, что оптимальный комплекс ударо- и деформационно-прочностных характеристик для полиамидных смесей достигается при концентрации ФПО близкой к 30 мас.%. Смешение ПА6 с ФПЭВП позволяет получать материалы с повышенной ударной прочностью, в том числе, при отрицательных температурах.

Ударная вязкость смесей ПА6 с ФПЭВП при температуре минус 40 °С превышает в 2,5-5,6 раза ударную прочность исходного ПА6, благодаря чему повышается морозостойкость данных смесевых композитов. При этом для смесей ПА6 с ФПЭВП значения ударной вязкости при отрицательных температурах выше, чем у исходного ПА6 в обычных условиях.

С ростом содержания ФПЭВП снижается предел текучести ( $\sigma_T$ ) полиамидных смесей, но для отдельных составов этот показатель сохраняется на уровне конструкционных полимерных композитов (38–50 МПа). При этом возрастает эластичность смесей ПА6 с ФПЭВП, характеризующаяся относительным удлинением ( $\epsilon_p$ ), благодаря чему изделия из данных смесей более надежны в эксплуатации.

Таблица - Механические характеристики композитов

Состав материала, мас.%	$\sigma_T$ , МПа	$\epsilon_p$ , %	$a$ , кДж/м <sup>2</sup>			ПТР, г/10 мин
			$a_{KB}$ , 23°С	$a_{KA}$ , 23°С	$a_{KB}$ , –40°С	
ПА6	60±4	240±16	7±0,5	4±0,3	3±0,2	8,2
ПА6 / ПЭВП –30%	45±3	22±1	8,6±1	9,8±1	6,7±1	6,7
ПА6 /ФПЭВП 15%	50±4	210±16	14,2±1	16,7±2	12±2	2,8
ПА6/ФПЭВП–30%	46±3	220±10	23±3	26±3	16±2,2	0,7
ПА6/ПП – 30%	50±3	15,3±1,4	7,2±0,3	–	4,8±1	10,8
ПА6/ФПП – 15%	62±3	46,5±3,3	11,3±1	–	–	9,0
ПА6/ФПП – 30%	56±2	45,8±5,6	15,3±1	16,4±1	7,6±1	7,4

**Заключение.** Применение добавок ФПЭВП позволяет улучшить механические характеристики композитов на основе ПА 6

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, доктору технических наук Кривогузу Юрию Михайловичу за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### Литература

1. Федоров В. Д., Кривогуз Ю. М., Ермолович О. А. Диссипативные свойства и молекулярная структура аморфной фазы функционализированного полиэтилена //Материалы, технологии, инструменты. – 2004. – Т. 9. – №. 4. – С. 59-64.

2. Песецкий С. С., Кривогуз Ю. М. Смесии алифатических полиамидов с функционализированными полиолефинами: межфазные взаимодействия, особенности реологического поведения расплавов, структуры и механических свойств //Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2018. – Т. 62. – №. 4. – С. 480-487.

## ИЗБЫТОЧНЫЕ СВЯЗИ В МЕХАНИЗМАХ

**МЕЛЬНИКОВ Н.Н. (студент, гр. И-21)**

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

**Введение.** Универсальное правило, пригодное для проектирования различных схем механизмов, было предложено профессором Решетовым Л.Н. – обеспечение рациональности путем исключения избыточных связей, соответствия с которым механизм будет собираться без натягов, даже если в размерах звеньев имеются отклонения от номинальных значений. Однако создание рациональных механизмов возможно путем использования кинематических пар младших классов. Поэтому в современных машинах и механизмах имеется большое количество избыточных связей.

**Цель работы** – изучить особенности различных видов избыточных связей и их влияние на эксплуатационные свойства механизмов.

**Избыточные связи в механизмах.** При проектировании механизмов для повышения жесткости конструкции, улучшения условий передачи сил вводятся так называемые избыточные (пассивные) связи (дополнительные звенья). Избыточной, или пассивной называется связь, которая не оказывает влияния на движения выходных звеньев механизма и дублирует имеющиеся связи. К проектированию, изготовлению и сборке механизмов с избыточными связями предъявляются особые требования.

Контурные избыточные связи возникают в механизмах, к точности движений звеньев которых предъявляются повышенные требования. Механизмы с такими связями требуют высокой точности изготовления и сборки звеньев. Так, например, в плоском кривошипно-коромысловом механизме вращательные пары должны допускать вращения звеньев только вокруг параллельных осей. Перекосы осей вращательных пар при изготовлении и сборке такого механизма приведут к деформации звеньев и их возможному заклиниванию. Устойчивое представление об отрицательной роли контурных избыточных связей обусловлено трудностями выполнения прочностных расчетов из-за статической неопределимости конструкций, проблемами в производстве и эксплуатации, чувствительностью к внешним воздействиям, необходимостью повышения точности изготовления деталей. Современная тенденция в машиностроении заключается в проектировании механизмов без контурных избыточных связей.

Наряду с контурными существуют элементные и разделительные избыточные связи. Элементные избыточные связи возникают при контакте между элементами звеньев кинематической пары по поверхности или линии. Их число не ограничено. Так, при соединении звеньев кинематической пары класса  $N$  по линии или по поверхности достаточно контакта одного звена с  $N$  точками другого звена. Например, движение звена 1, образующего со звеном 2 сферическую пару третьего класса, осуществимо при соприкосновении с

тремя не находящимися в радиальной плоскости точками А, В, С звена 2 (рис. 1 а). Другие точки соприкосновения порождают элементарные избыточные связи без ограничения количества. Такие связи полезны, т.к. позволяют уменьшить контактные напряжения и износ звеньев. При дефектах изготовления элементов звеньев число элементарных избыточных связей увеличивают шлифовкой и приработкой при небольших нагрузках.

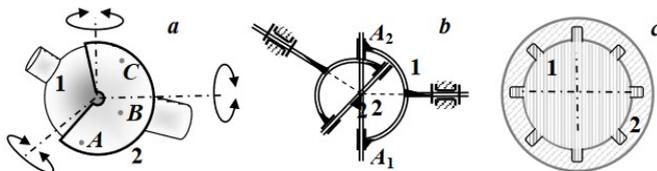


Рисунок 1 - Кинематические пары с элементарными (а) и разделительными (b, c) избыточными связями

Разделительные избыточные связи возникают при дополнительном контакте звеньев кинематической пары с частями определенной поверхности или линии звена. Их число не ограничено, но конечно. Например, вращательная пара А, образованная вилкой 1 и крестовиной 2 карданного механизма, разделена на части А1 и А2, соединяющие вилку с крестовиной (рис. 2.4 б). Часть А1 образована зубом вилки и концом крестовины. Часть А2, образованная другим зубом вилки и другим концом крестовины, не добавляет новых ограничений на относительные движения звеньев 1, 2, но добавляет пять избыточных связей. Шлицевое соединение валов 1 и 2, образующих поступательную пару, содержит ряд разделительных избыточных связей (рис. 1 с). Относительное поступательное движение валов становится определенным уже при одном шлице на валу 1 и одном зубе на валу 2. Каждый другой шлиц и входящий в него зуб порождают новые разделительные избыточные связи. Такие избыточные связи позволяют снизить контактную нагрузку на звенья при их точном изготовлении. Дефекты изготовления звеньев превращают избыточные связи в дополнительные и могут привести к потере свободы и заклиниванию механизма.

**Заключение.** Выявление избыточных связей, определение их вида и правильный анализ степени их адекватности обеспечению служебного назначения узла является важной задачей, в связи с необходимостью разработки мероприятий по исключению избыточных связей и добавлению недостающих, которые смогут обеспечить повышение функционального качества и надежности узла.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Концевому И.А., старшему преподавателю кафедры «Механика», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

# БЕСПИЛОТНИКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**МИРОНОВ И.А. (студент гр. НР-11)**

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

**Актуальность.** Сфера применения беспилотных летательных аппаратов в нефтедобывающей промышленности является необходимым элементом для повышения эффективности и обеспечения безопасности и надежности оборудования, инфраструктурных объектов в данной отрасли [1, 2]. В перечне проблем надежности работы нефтегазового транспортного оборудования весьма актуальным является реализация технологии БПЛА в программе подсчета численности утечек газа и нефти [3].

**Была определена цель** – проанализировать возможности беспилотных летательных аппаратов в решении проблем утечек углеводородов.

**Были поставлены следующие задачи:**

1. Определить, что помогает интегрировать беспилотные технологии в рабочие процессы и получать точную информацию для своевременного принятия адекватных ситуации решений.
2. Рассмотреть способы обнаружения утечки нефти и газа.
3. Специфика применения беспилотных технологий в нефтегазовой отрасли.

**Результаты.** Обзор литературы по развитию БПЛА показал, что компании-разработчики БПЛА создавая дроны, ориентируются на особенности работы, уровень безопасности и возможность повышения эффективности нефтегазовой компании. В настоящее время беспилотники вместе с соответствующим оборудованием и программным обеспечением проводят мониторинг с воздуха и инспекцию на своих удаленных объектах. Также БПЛА могут применяться в качестве различных датчиков, в частности для проверки факелов на месторождении. Для этого используется следующее навесное цифровое оборудование: высококачественные камеры (визуальные, тепловизионные, инфракрасные); лазерные сканеры, газоанализаторы и т.д.; современное программное обеспечение для обработки и визуализации полученных данных.

Современные БПЛА начали широко применяться для диагностики работы нефтегазового транспортного оборудования и контроля возможных утечек и других аномальных ситуаций на таких этапах работы как:

- оценка территорий и периметра (рисунок 1);
- автоматизированная идентификация видов утечек;
- наблюдение за ходом утечек газа и нефти;
- оценка размера утечек газа и нефти.

2



Рисунок 1 – Аэроснимок территории предприятия, сделанный промышленным квадрокоптером DJI Matrice 300 Rtk

(<https://www.neft.by/021/04/27/>

nad-belorusskimi-mestorozhdenijami-zametiljebes-pilotnik/)

Таким образом, использование БПЛА в нефтегазодобывающей отрасли в Республике Беларусь может быть распространено на следующие направления:

- постоянный мониторинг нефтепроводов, в том числе на местности со сложным рельефом и в труднодоступных районах;
- обнаружении утечек и прорывов трубопровода, а также несанкционированной врезки третьими лицами;
- предотвращении аварий и экологических инцидентов;
- выявлении участков нефтепровода, которым необходим ремонт;

**Заключение.** Таким образом, учитывая многозадачность обслуживания промышленных зон по нефтедобыче и нефтепроводов, БПЛА становятся оптимально доступными средствами для внедрения в технологический процесс, которые позволят сократить затраты на квалифицированные кадры и повысить эффективность разработки и эксплуатации месторождений.

*Хочу выразить особую благодарность моему научному руководителю – профессору Невзоровой Алле Брониславовне за поддержку и помощь в написании данной работы.*

### **Литература**

1. Айроян З.А., Коркишко О.А., Сухарев Г.В. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов // Инженерный вестник Дона – 2016. – №4. – С. 1-8.

2. Скирковский С. В., Невзорова А. Б. Влияние первичных индикаторных факторов на комплексный показатель аварийных ситуаций в городских условиях // Политранспортные системы. – 2020. – С. 767-771.

3. Использование дронов в нефтегазовой промышленности [электронный ресурс].–Режим доступа: Применение беспилотников DJI в нефтегазовой отрасли Дата доступа: 27.11.2024

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОСТИ НА КОНСТРУКЦИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

**МОРГУНОВ Н.В.**, (студент, гр. ГА-31)

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

**Актуальность.** Влияния температуры жидкости на конструкцию и работу насосов обусловлена широким применением данного оборудования в различных отраслях промышленности. Насосы, такие как КР 65-50-125, используются для перекачки жидкостей с различными физико-химическими свойствами и температурными диапазонами, что требует их адаптации к условиям эксплуатации [1]. С учетом повышения требований к энергосбережению и сроку службы оборудования важно разрабатывать конструкции, учитывающие температурные колебания и свойства жидкостей.

**Цель работы** – анализ того, как влияет температура жидкости на конструкцию центробежного насоса, а именно его надежности и эффективности, на примере центробежного насоса класса КР 65-50-125.

**Анализ полученных результатов.** Температура жидкости оказывает значительное влияние на работу и конструкцию насоса КР 65-50-125. При повышении температуры требуется применение материалов с высокой термостойкостью и компенсаторов теплового расширения. Торцовые уплотнения из графита или карбида кремния и подшипники с термостойкой смазкой обеспечивают надежность при высоких температурах. Уменьшение вязкости масла И-45 с ростом температуры снижает гидравлические потери, но может ухудшить герметичность и смазку [2].

Одним из основных аспектов влияния температуры является расширение и сжатие материалов в конструкции насоса под воздействием температуры жидкости. Это может привести к деформации деталей, утечкам, износу и повреждению. Поэтому при проектировании насосов необходимо предусмотреть учет тепловых расширений и установить соответствующие компенсационные механизмы.

Также температура жидкости может влиять на вязкость и плотность жидкости, что в свою очередь может изменить характеристики насоса и его работу. Кроме того, высокая температура жидкости может вызывать перегрев насоса, что также может привести к его повреждению и сокращению срока службы. Поэтому необходимо учитывать температурные свойства материалов при проектировании конструкции насоса и обеспечить достаточное охлаждение. Исходя из этого, рассмотрим *влияние температуры жидкости на конструкцию и работу насоса КР 65-50-125.*

Влияние на детали насоса. При повышении температуры следует использовать материалы с высокой термостойкостью, такие как специальные сплавы или покрытия, чтобы избежать деформации или коррозии. Для работы с высокотемпературными жидкостями предпочтительны торцовые

уплотнения, которые обеспечивают герметичность при минимальных потерях жидкости (утечка  $\leq 0,03$  л/час). Торцовые уплотнения устойчивы к высоким температурам и давлению, что делает их предпочтительными для таких условий эксплуатации [2]. Подшипники качения с термостойкой смазкой или жидкостной пленкой минимизируют износ и обеспечивают надежную работу насоса.

Изменение вязкости жидкости. Повышение температуры снижает вязкость жидкостей, что уменьшает гидравлические потери и позволяет насосу работать эффективнее. Однако слишком низкая вязкость может ухудшить герметичность уплотнений и смазку подшипников. При высоковязких жидкостях насос потребует больше энергии, что может снизить производительность и вызвать перегрев двигателя. Снижение вязкости при нагреве облегчает перекачку жидкости, улучшая КПД насоса.

Уплотнения для различных температур. Для работы насоса с жидкостью при различных температурах рекомендуется устанавливать несбалансированные торцовые уплотнения. Они эффективны при невысоком давлении и применяются с жидкостями, такими как вода и масла.

Подшипники для различных температур рекомендуется использовать для стандартных температур радиально-упорные шариковые подшипники с консистентной смазкой.

Влияние вязкости масла И-45 при изменении температуры на характеристики насоса: при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  вязкость составляет около  $45 \text{ мм}^2/\text{с}$ ; при  $100^{\circ}\text{C}$  она снижается до  $6-7 \text{ мм}^2/\text{с}$ . Такое уменьшение вязкости снижает гидравлические потери, но увеличивает риск утечек и требует более тщательной герметизации.

**Заключение.** Для насоса КР 65-50-125, работающего при высоких температурах, стоит использовать сбалансированные торцовые уплотнения с охлаждением, а подшипники с масляной системой охлаждения или керамическими вставками. Для анализа влияния вязкости на работу насоса рекомендуется учитывать температурный режим и уточнять параметры масла.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» Андреевцу Юлии Ахатовне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб.-метод. пособие / А. Б. Невзорова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 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 имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2022. – № 3. – С. 5—12.

# АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ГИДРОПРИВОДАМ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЗНАЧЕНИЯ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

МОХАРЕВ (студент, гр. ГА-11)

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

**Актуальность.** Гидравлический роботизированный манипулятор – это расширенный механический придаток, который автоматизирован и управляется специальной исполняемой программой, позволяющей использовать его для выполнения некоторых функций на производственном предприятии [1]. Эти гидравлические роботы-манипуляторы бывают разных размеров, работают в различных отраслях и условиях, и каждый из них предназначен для определенных функций, таких как укладка на поддоны, сварка, захват и размещение, упаковка и многие другие функции.

**Цель работы.** Выполнить анализ требований к гидроприводам промышленных роботов-манипуляторов в зависимости от назначения и условий эксплуатации.

**Результат работы.** Существует множество типов гидравлических манипуляторов, и все они могут выглядеть по-разному, но рабочий механизм одинаков. Гидравлическая система начинается с прокачки гидравлической жидкости, проталкивая ее по всей системе для создания необходимой мощности жидкости, а также для регулирования скорости и давления, предотвращая обратное течение любой жидкости [2]. Эта жидкость поступает в цилиндр, где гидравлическая энергия преобразуется обратно в механическую энергию, которая затем применяется к различным компонентам, заставляя работать гидравлический манипулятор. Чем больше манипулятор, тем сложнее гидравлическая система, но принцип остается неизменным на протяжении всего процесса.

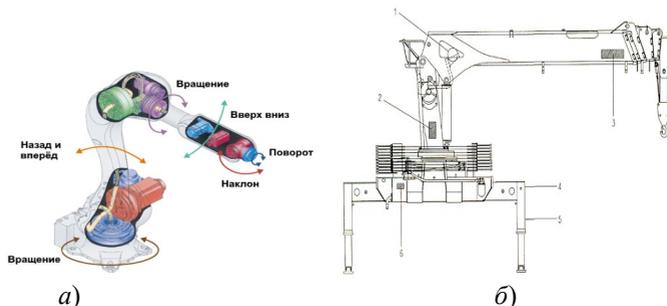


Рисунок 1 – схемы роботов-манипуляторов

Невозможно количественно оценить объем работы и скорость обработки вещей, которую может выполнить гидравлический робот-манипулятор, по сравнению с тем, что может сделать человек. Эти роботизированные руки быстрее и точнее, и это позволяет им легко справляться с задачами с невероятной скоростью, поскольку им не нужно соблюдать правила безопасности, как людям; пока им предоставляется достаточно места для работы, они справятся с любой работой без ошибок. Те, которые работают вместе с людьми, оснащены датчиками, которые позволяют им избегать столкновений с людьми или другими машинами, что еще больше повышает их эффективность, не снижая их скорости. В обобщении можно сказать, что основными преимуществами гидравлических роботов-манипуляторов являются: скорость работы (по сравнению с человеком), снижение затрат производства, снижение количества ошибок и брака на производстве (алгоритм выполнения всегда одинаков). В следующую очередь к незначительным недостаткам гидравлических роботов-манипуляторов можно отнести вытеснение рабочих кадров и непосредственное требование к чуткому контролю и уходу за данным видом машин. Автоматизация производственного процесса с помощью гидравлических роботизированных манипуляторов — верный способ удвоить вашу прибыль, а также уменьшить количество брака на производстве.

**Вывод.** Выполнили анализ гидроприводов промышленных роботов-манипуляторов, рассмотрели их принцип работы, определены их недостатки и достоинства, рассмотрели коленчатый робот-манипулятор использующийся повсеместно. Благодаря полученной информации оценили полезность применения данных роботов на различных производствах.

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

### **Литература**

1. Шимановский А.О., Путятю А.В. Гидродинамическая нагруженность котла железнодорожной цистерны при соударении вагонов // Материалы. Технологии. Инструменты. 2005. – № 3(10). – С.45–48.
2. Гальченко К. В., Лукиенко Л. В. Учет сжимаемости рабочей жидкости гидроприводов при расчете и конструировании промышленных роботов-манипуляторов для повышения точности позиционирования перемещаемых объектов //Интеграция науки и производства. – 2013. – №. 5. – С. 30-32.
3. Андреев, Ю. А. Теория и проектирование гидропневмосистем [Электронный ресурс] : пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" дневной формы обучения / Ю. А. Андреев. - Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2019. - 285 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТА С ПОМОЩЬЮ ЕМКОСТНО-РЕЗИСТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ (CRM) С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СКВАЖИН

НАФИКОВ Т.А.

*Альметьевский государственный технологический университет  
«Высшая школа нефти», г. Альметьевск, Российская Федерация*

**Актуальность.** Современные тенденции управления разработкой нефтяных месторождений зачастую выражаются в требованиях оперативности к принимаемым решениям. Пересчет режимов работы скважин, перераспределение объемов закачки и отбора, определение эффективности системы заводнения и расчет коэффициентов взаимовлияния скважин – лишь некоторые из задач, которые инженеры по управлению разработкой решают в оперативном режиме [1,2]. Для этих целей удобно использовать упрощенные (прокси) модели пласта, например, емкостно-резистивные аналитические модели CRM.

**Цель работы** – применить инструмент емкостно-резистивных моделей (CRM) к данным реального объекта для определения степени взаимного влияния скважин.

**Анализ полученных результатов.** CRM-модели (Capacitance-Resistance Models) – модели пласта, основанные на аналогии течения тока в электрической RC-цепи. Исходные выражения моделей CRM представлены в работе авторов [3] со ссылкой на оригинальные публикации авторов концепции CRM-моделирования. Выполненная адаптация модели на данных идеальных синтетических объектов показала хорошую сходимость, соответствующие тесты описаны в [4].

Что касается работы CRM модели на реальных данных, то это является предметом текущих исследований. Исследуется участок Ромашкинского месторождения Республики Татарстан, содержащий множество добывающих и нагнетательных скважин.

Используемые данные – режимы работы добывающих, нагнетательных скважин, данные забойного давления добывающих скважин. Программа адаптации выполняет поиск неизвестных коэффициентов модели, уменьшая значение целевой функции суммы квадратов разностей модельной и фактической добычи жидкости.

Наиболее важными данными, полученными в ходе адаптации модели CRM, являются коэффициенты взаимовлияния скважин. Их можно представить в графическом виде, поместив на карту участка скважин: рисунок 1.

**Заключение.** В ходе выполнения исследования достигнута цель – определены коэффициенты взаимного влияния скважин с помощью емкостно-резистивных моделей (CRM). Результаты проделанной работы представляют большой производственный и научный интерес, позволяя

инженерам по управлению разработки проверить свои имеющиеся данные по участкам, а исследователям – использовать наработки для дальнейших изысканий в области прокси-моделирования пласта и потенциального оперативного управления разработкой участка.

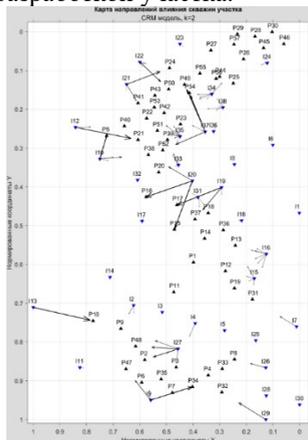


Рисунок 1 – Направления влияния скважин согласно модели CRM

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Насыбуллину Арслану Валерьевичу, доктору технических наук, профессору, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

### Литература

1. Использование информационных технологий для совершенствования системы и контроля разработки месторождений ОАО "Татнефть" / Р. С. Хисамов, Р. Р. Ибатуллин, Р. Г. Абдулмазитов, А.В. Насыбуллин, Ф.М. Латифуллин, Р.З. Саттаров Р.З. // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 10. – С. 46-49.

2. Numerical 3D simulation of enhanced oil recovery methods for high-viscosity oil field / M. G. Persova, Y. G. Soloveichik, A. S. Ovchinnikova, A.V. Nasybullin, E.V. Orekhov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 14, Tomsk, 14–17 октября 2019 года. – Tomsk, 2021. – P. 012050. – DOI 10.1088/1757-899X/1019/1/012050

3. Нафиков Т.А. Построение и адаптация модели CRMP на участке Бурейкинского месторождения // Булатовские чтения: материалы VII Международной научно-практической конференции (31 марта 2023 г.) в 2 томах: сборник статей / Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2023. – Т. 1: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 252–254.

## РОЛЬ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Нигматуллин Р.Р. (Студент гр. НР-11)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.  
Сухого,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Цель:** определить роль графического моделирования в проектировании нефтегазовых объектов.

**Задачи:** 1) изучение современных концепций трёхмерного моделирования: анализ эволюции методов моделирования в нефтегазовой отрасли и их влияние на понимание геологических процессов; 2) анализ этапов моделирования: рассмотрение двух последовательных этапов: геологического и гидродинамического моделирования, а также их взаимосвязи; 3) Оценка значимости графического моделирования: исследование роли графического моделирования в проектировании нефтегазовых объектов, включая его влияние на визуализацию и анализ данных. 4) Выявление преимуществ 3D моделирования: определение ключевых преимуществ трехмерных моделей для улучшения проектирования, снижения рисков и повышения эффективности процессов.

**Актуальность.** Появление современных концепций трехмерного моделирования стало важным шагом в понимании геологической структуры месторождений нефти и газа. Ранее моделирование ограничивалось упрощенными расчетами и графическими представлениями, такими как карты и схемы. Сегодня процесс включает геологическое и гидродинамическое моделирование, что позволяет более точно оценивать запасы углеводородов и планировать их разработку.

Появление современных концепций трёхмерного моделирования было неизбежным, поскольку это очередной эволюционный шаг в развитии понимания геологической структуры месторождения, обстановки процессов, происходящих при разработке месторождений нефти и газа. Изначально моделирование разработки месторождений сводилось к расчёту уравнений фильтрации нефти и газа по пласту коллектору по существенно упрощенным по формулам, тогда как отображение графической информации представлялось исключительно картами, разрезами и различными технологическими схемами. На данный момент процесс моделирования состоит из двух последовательных этапов: Геологическая моделирование и гидродинамическая моделирование. Современные программные комплексы техномерного моделирования совмещают в себе математический аппарат для расчёта уравнений фильтрации и полнофункциональный механизм визуализации геологических данных.

Геологическое моделирование определяет структуру и свойства углеводородных резервуаров. Используя данные о скрущённости,

проницаемости и пористости горных пород для оценки запасов и планирования разработки.

Графическое моделирование становится неотъемлемой частью проектирования в нефтегазовой отрасли, улучшая процессы разработки, визуализации и анализа:

1. Визуализация и понимание: Графические модели позволяют наглядно представить сложные системы, облегчая восприятие проектами. Это помогает инженерным командам и заинтересованным сторонам лучше понимать проект и его элементы.

2. 3D моделирование: Трехмерные модели обеспечивают детальную информацию о геометрии объектов, таких как скважины и трубопроводы. Это позволяет выявлять возможные конфликты и оптимизировать расположение элементов.

3. Снижение рисков: Моделирование помогает предсказать проблемы, такие как несоответствия в конструкциях или влияние внешних факторов. Это позволяет минимизировать риски и избежать дорогостоящих ошибок.

4. Эффективность процессов: Автоматизация создания чертежей и модели сокращает время проектирования, что способствует быстрой адаптации к изменениям.

**Заключение.** Графическое моделирование является важным инструментом для эффективного и безопасного проектирования нефтегазовых объектов.

**Благодарность.** Хочу выразить особую благодарность моему научному руководителю – Захаренко Галине Николаевне за поддержку и помощь в написании данной работы.

#### **Литература**

1. Айроян З. А., Коркишко А. Н. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (ВІМ-технологий) //Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 43. – №. 4 (43). – С. 151.

2. Григорьев, Д.В., Шевченко, И.Ю. (2020). "Информационные технологии в нефтегазовой отрасли."

3. Стасенко, Д. Л. Математическое моделирование работы, адаптированного к нагрузке гидропривода / Д. Л. Стасенко, В. Б. Попов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра : сборник тезисов докладов междунар. науч.-практ. конф., 21-22 декабря 2017. - Гомель, 2017. - С. 108-110.

4. Бобылев В. Н., Соломатин А. Н. Моделирование разработки нефтяных месторождений //Труды Московского физико-технического института. – 2022. – Т. 14. – №. 3 (55). – С. 5-15.

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ АРМИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

**Невзоров М.В. (аспирант)**

*Гомельский государственный технический университет имени*

*П.О.Сухого*

*г.Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Стремление к созданию более прочных износостойких покрытий привело к значительному прогрессу в технологии лазерной наплавки, однако растущие требования к долговечности в эксплуатационных условиях ставят под сомнение эффективность существующих решений. Поэтому актуальной становится задача повышение износостойкости покрытий за счет интеграции армирующих частиц, что является экономически эффективной стратегией повышения характеристик покрытий [1]. Также становится актуальным направления будущих исследований, направленных на разработку покрытий, способных выдерживать высокие температуры и обладающих исключительной твёрдостью [2].

**Цель работы** - систематизировать классификацию армирующих твёрдых и самосмазывающихся частиц в износостойкие покрытия, нанесённые методом лазерной наплавки.

**Результаты работы.** В настоящее время рядом ученых разработаны различные технологические приёмы, с помощью которых твёрдые частицы— включающие оксиды, карбиды, нитриды, бориды и их многогранные соединения—укрепляют покрытия. В зависимости от содержания, размера и морфологии частиц установлено их влияние на износостойкость покрытий, сделанных методом лазерной наплавки, а также определены преимущества и ограничения, связанные с использованием твёрдых и самосмазывающихся частиц.

В общем случае, повышение износостойкости часто направлено на увеличение твёрдости покрытия для повышения его износостойкости. Для достижения такого результата в качестве добавок обычно используются твёрдые частицы, в том числе оксиды, нитриды, карбиды, бориды и соединения  $Ti$  ( $B$ ,  $C$ ,  $N$ ). Рассмотрим свойства каждого из них.

*Твердые частицы оксида  $Al_2O_3$ .* - наиболее часто используемый оксид для армирования твердыми частицами, является недорогим и устойчивым к высоким температурам, по твёрдости уступает только алмазу, идеально подходит для механизма повышения износостойкости.  $Al_2O_3$  может вызвать переохладение на границе раздела дендритов, способствуя зарождению жидкого металла и препятствуя дальнейшему росту дендритов, что приводит к более тонкой и плотной структуре покрытия. Наивысшая микротвёрдость, которой можно достичь с помощью  $Al_2O_3$  - 1127 HV.

*Твердые частицы карбида  $SiC$ ,  $TiC$ .*  $TiC$  в качестве армирующих частиц известны своей высокой температурой плавления и твёрдостью, обладают коэффициентом теплового расширения, совместимым с материалами на

основе железа, обеспечивает хорошую смачиваемость и прочность межфазного соединения с подложками на основе железа, что позволяет часто использовать его в качестве армирующей частицы для покрытий на основе железа.

*Твердые частицы нитрида титана TiN* отличаются высокой твёрдостью, износостойкостью и высокой температурой плавления. Как и другие твёрдые частицы TiN разлагается и при разложении титан преимущественно вступает в реакцию с углеродом, образуя твёрдые фазы TiC.

*Твердые частицы боридов TiB и TiB<sub>2</sub>* благодаря высокой твёрдости и коэффициенту теплового расширения, близкому к коэффициенту расширения материалов на основе никеля, он часто используется для армирования покрытий на основе никеля.

*Соединения Ti (B, C, N)*. Характеристики обычно используемых твёрдых частиц и материалов, синтезированных на месте могут повышать износостойкость покрытий, влияние одного типа частиц всегда ограничено. Более того, добавление одного типа частиц не только создаёт одну твёрдую армирующую фазу, и изучение многоэлементных армирующих частиц является важным направлением.

**Заключение.** Различия в износостойкости покрытий во многом зависят от размера частиц и равномерности распределения твёрдых частиц. Чем меньше и равномернее распределены твёрдые частицы, тем плотнее структура покрытия и выше его износостойкость. В целом износостойкие покрытия, усиленные твёрдыми частицами, синтезированными на месте, как правило, имеют более высокую прочность сцепления, более равномерное распределение и меньше примесей по сравнению с частицами с покрытием и прямым добавлением. Однако этот метод хорошо работает для частиц с низкой температурой плавления, в то время как для частиц с высокой температурой плавления, таких как борид титана, эффект от синтеза на месте незначителен, и методы инкапсуляции частиц дают лучшие результаты для частиц с высокой температурой плавления.

**Благодарность.** Искренне признателен научному руководителю к.т.н., доценту Петришину Г.В. за консультацию в подготовке данной работы.

### **Литература**

1. Синьшэн Ван, Цифэн Ло, Чжихай Цай, Кай Ва. Достижения в области износостойких покрытий, армированных частицами, нанесёнными с помощью лазера: повышение долговечности за счёт инноваций в материалах // Журнал устойчивого развития энергетики. - 2023. Том 2, Выпуск 4. - С.217-231. <https://doi.org/10.56578/jse020405>

2. 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. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>

# ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА НАСОСА

Никитин А.В. (студент, гр. ГА-31)

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

**Актуальность.** Эксплуатация технологического оборудования связана с агрессивным воздействием рабочих сред и внешних климатических факторов. Основными отраслями, в которых металлоконструкции подвержены различным видам коррозии, являются химическая, нефтегазоперерабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленности, атомная энергетика. Причинами коррозионного разрушения изделий могут стать как некорректная эксплуатация и некачественный материал изделий, так и некорректный подбор материала под условия эксплуатации. Т.о. обоснованный выбор коррозионностойкого материала для деталей центробежных насосов является одной из актуальных проблем насосостроения.

**Цель работы** заключается в анализе коррозионностойких материалов и обоснование выбора оптимального коррозионностойкого материала для рабочего колеса насоса СМ200-150-400а-4 с учетом эксплуатационных условий и характеристик перекачиваемой среды.

**Анализ полученных результатов.** Рабочее колесо является важнейшей частью насоса, преобразующей механическую энергию в гидравлическую. Условия эксплуатации, включая воздействие агрессивных сред и абразивных частиц, напрямую влияют на долговечность и производительность насоса. Неправильный выбор материала может привести к преждевременному износу, снижению эффективности оборудования и росту эксплуатационных расходов.

Основные критерии выбора материала:

Коррозионная стойкость – устойчивость материала к химическим воздействиям, таким как кислоты, щелочи или солевые растворы.

Износостойкость – способность противостоять кавитации, эрозии и воздействию абразивных частиц.

Прочность – достаточная механическая устойчивость к нагрузкам и вибрациям.

Экономичность – баланс между стоимостью материала, сроком службы и затратами на обработку.

Для изготовления рабочих колес центробежных насосов используются следующие материалы.

Нержавеющая сталь. Обеспечивает высокую коррозионную стойкость. Материал используется для насосов химической и пищевой

промышленности. Например, сталь AISI 316 подходит для сред с содержанием хлоридов до 500 мг/л и температурой до 90°C.

Хромистый чугун. Устойчив к абразивному износу и кавитации, подходит для сред с твердыми частицами. Применение этого материала в шахтных насосах увеличивает их срок службы на 40%.

Бронза. Используется в морских насосах благодаря отличной устойчивости к коррозии в морской воде.

Пластики и композиты. Экономичный вариант для сред с низкими температурами и давлениями, а также для химически активных жидкостей.

Насосы модели CM перекачивают сточные и промышленные жидкости с температурой до 90°C и pH 6–8,5. Рабочее колесо часто изготавливается из чугуна или нержавеющей стали.

Чугун. Экономически выгоден для нейтральных сред. Однако в условиях высокой концентрации хлоридов подвергается коррозии.

Нержавеющая сталь (например, AISI 316). Предпочтительна для агрессивных сред. Она обеспечивает устойчивость к коррозии при концентрации хлоридов до 500 мг/л, сохраняя прочность и долговечность.

Методология выбора материала:

Анализ перекачиваемой жидкости: определение состава, pH, температуры и наличия абразивных частиц.

Оценка условий эксплуатации: давление, скорость вращения колеса и возможные механические нагрузки.

Экономический расчет: анализ затрат на материалы и их обработку в зависимости от срока службы.

**Заключение.** Выбор материала рабочего колеса насоса CM200-150-400а-4 зависит от характеристик перекачиваемой среды и условий эксплуатации. Чугун подходит для нейтральных или слабоагрессивных жидкостей, в то время как нержавеющая сталь лучше справляется с агрессивными условиями. Такой подход позволяет снизить затраты, обеспечивая долгий срок службы и эффективность насосного оборудования.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андреевце Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

### Литература

1. Ващенко А. В., Савин В. Ю. Анализ характера износа центробежных насосов при перекачивании абразивных гидросмесей //имени НЭ Баумана, 2021© Издательство МГТУ имени НЭ Баумана, 2021. – 2021. – С. 46.
2. 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 (1). – С. 33–40

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Никитин И.Р.** (студент, гр. НР-51)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухова,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Факельные системы, используемые в нефтегазовой отрасли для сжигания избыточного газа, являются важным элементом технологического процесса. Однако, их работа сопровождается производством значительного уровня шума, что имеет негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека. Шум, производимый факельными системами, требует особого внимания, так как может вызывать стресс, снижать работоспособность и даже приводить к медицинским проблемам.

**Цель работы** – изучение пути снижения шумового воздействия факельных систем, причин возникновения шума в факельных системах и рассмотрении методов, направленных на его снижение.

**Анализ полученных результатов.** Сжигание газа в факельных установках было самым распространенным способом утилизации попутного нефтяного газа, но со второй половины прошлого века нефтедобывающие страны стали вводить ограничение на сжигание газа и стимулировать компании к рациональному использованию этого ценного ресурса.

Один из методов экологически чистого использования попутного нефтяного газа это закачка газа обратно в пласт. Данный метод применяется для повышения пластового давления тем самым сохраняя нефтеотдачу.

Попутный нефтяной газ может использоваться на нефтепромысле в качестве источника электроэнергии. Попутный нефтяной газ проходит этапы осушки и очистки и после этого подается на газотурбинные и газопоршневые электростанции. Также попутный газ может использоваться в качестве отопления помещений, находящихся на территории нефтепромысла.

Также попутный нефтяной газ можно направлять на газоперерабатывающие заводы по материальным газопроводам. На заводе газ пройдет тщательную подготовку и переработку и будет готов для поставки потребителям.

Выбор метода использования попутного нефтяного газа зависит от удаленности месторождения и сложности транспортировки. Но с экономической точки зрения рациональное использование попутного нефтяного газа экономически и экологически выгоднее, чем сжигание в факельных установках [1].

Шум, создаваемый факельными системами, может быть обусловлен несколькими факторами:

- аэродинамический шум — возникает из-за быстрого движения газа через факел, что приводит к образованию вихрей;
- механический шум — связан с работой насосов и вентиляторов, обеспечивающих подачу газа;
- вибрации — передаются через конструктивные элементы систем и могут усугублять общий уровень шума.

Для снижения шумового воздействия факельных систем можно выделить несколько эффективных подходов:

- инженерные решения: заключающиеся в ограничении скорости газового потока, снижение скорости газа перед выходом из факела, что позволит уменьшить аэродинамический шум;
- акустические меры: с установлением экранов вокруг факела, т.к. они направляя звуковые волны вверх, а не в сторону позволят снизить уровень шума [2];
- техническое обслуживание: которое включает регулярное обслуживание оборудования, устранение механических неисправностей, которые могут усилить шум [3].

**Заключение.** Снижение шумового воздействия факельных систем является важной задачей для обеспечения комфорта и безопасности как на промышленных предприятиях, так и для населения в окружающих районах. Применение комплексных мер, включая технические, инженерные и акустические решения, может значительно улучшить ситуацию. Несмотря на существующие достижения, работа в этом направлении должна продолжаться, чтобы находить новые и более эффективные методы снижения шума.

**Благодарность.** Выражаю признательность научному руководителю д.т.н., профессору Невзоровой Алле Брониславовне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### **Литература**

1. Звонкова Н.С., Петров И.В. Подходы к снижению шумового воздействия на экологию: опыт и перспективы. Журнал экологии. – 2019. – №12(3). – с. 45–53.
2. Смирнов, А. Н., Кузнецов, Д. И. Акустическая защита промышленных объектов. Техника и технологии. – 2020. – N18(5). – с. 67–74.
3. Игуминава В. А. Модернизация факельных систем на нефтеперерабатывающих предприятиях //Молодой учёный. – 2022. – С. 40-44.

## АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПОСЛЕ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ

**Никитин К.А., Мордус Н.А., Евстратенко М.В.** (студенты)

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

**Актуальность.** Согласно международным данным отказы современного автоматизированного оборудования до 50 % случаев связаны с несвоевременным выходом из строя режущих инструментов из-за износа и поломок, а также других проблем обработки металлов резанием. В связи с этим по вопросу работоспособности режущего инструмента, как недостаточно надежному элементу системы «Станок - приспособление - инструмент - заготовка», необходимо уделять повышенное внимание [1]. Из большой гаммы методов повышения работоспособности режущих инструментов наиболее перспективным является метод криогенной обработки в жидком азоте.

**Цель работы** – провести анализ стойкостных характеристик токарных резцов из твёрдых сплавов ВК8, ТН20, КНТ16 для обработки деталей из сталей 40Х13, 14Х17Н2, Ст45.

**Анализ полученных результатов.** Сравнительные испытания режущего инструмента проводили при точении. Точение прямыми проходными резцами ( $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ ) с механическим креплением четырёхугольных пластин твердых сплавов осуществлялось на токарно-винторезном станке 1К62. Использовали систему ИСО: ВК8, ТН20 и КНТ16. В целом исследование проводилось при точении, что, прежде всего, связано с акцентом на твердые сплавы. При точении технологичнее, чем при других видах обработки изучать явления, сопровождающие резание металлов (в частности, коэффициент трения, термоЭДС, силы резания). Работоспособность резцов, оснащенных сплавом ВК8, изучена при точении сталей 40Х13 и 14Х17Н2, относящихся ко II группе труднообрабатываемых материалов. Работоспособность токарных резцов, оснащенных сплавами ТН20 и КНТ16, исследовалась в основном при точении стали 45, что связано со спецификой настоящего исследования. Безвольфрамовые твердые сплавы криогенной обработке не подвергались, поэтому на первом этапе оказалось необходимым исследовать работоспособность резцов при точении стали, обработанной криогенно.

В ходе исследования были получены результаты сравнительных стойкостных испытаний токарных резцов из твёрдых сплавов ВК8, ТН20, КНТ16 для обработки деталей из сталей 40Х13, 14Х17Н2, Ст45. Верхние значения стойкостей до криогенной обработки, нижние – после (ниже – то же). Результаты стойкостных испытаний токарных резцов приведены в таблице 1.

Анализ результатов стойкостных испытаний показывает следующее. Во-первых, стойкость резцов в результате криогенной обработки возрастает. Во-вторых, прослеживается четкая связь со снижением термо-ЭДС при большей исходной термо-ЭДС, имеет место и большее ее снижение в результате криогенной обработки с соответствующим увеличением стойкости [2]. Это подтверждает гипотезу о том, что при большей термо-ЭДС наблюдается меньшая стойкость режущих инструментов и что термо-ЭДС может служить показателем стойкости. Кроме того, приведенные здесь данные хорошо коррелируют с изменением плотности дислокации в результате криогенной обработки.

Таблица 1 – Результаты стойкостных испытаний токарных резцов

Материалы резца и детали	Средняя стойкость $T_{cp}$	Среднеквадратич. отклонение стойкости	Коэф. вариации стойкости	Коэф. повышения стойкости
ВК8-40X13	$\frac{12.5 \pm 0.62}{26.6 \pm 1.4}$	$\frac{1.71}{2.02}$	$\frac{0.1}{0.15}$	2.128
ВК8 14X17H2	$\frac{11.64 \pm 0.96}{17.7 \pm 1.24}$	$\frac{1.31}{1.45}$	$\frac{0.048}{0.062}$	1.52
ТН20-Ст 45	$\frac{21.15 \pm 2.66}{40.18 \pm 2.96}$	$\frac{1.61}{2.02}$	$\frac{0.18}{0.19}$	1.9
КНТ16-Ст 45	$\frac{18.6 \pm 1.71}{39.6 \pm 1.94}$	$\frac{1.28}{1.54}$	$\frac{0.27}{0.29}$	2.129

**Заключение.** Криогенная обработка позволяет повысить работоспособность режущего инструмента и повысить коэффициент стойкости к износу.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, к.т.н. Петришину Г.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### Литература

1. Солоненко В.Г. К вопросу о снижении интенсивности изнашивания режущих инструментов //В.Г. Солоненко, Г.А. Зарецкий, Е.А. Кривонос //Наука, Техника и Технология XXI века /КБГУ – Нальчик, 2005 – С 101 – 104.
2. Петришин Г.В. Применение самофлюсующихся порошков в процессе магнитно-электрического упрочнения// Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – №4. – С.37–39.

## МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

Огнев Д.А

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель*

**Актуальность:** Энергетическая отрасль – один из основных источников выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Беларусь, выполняя свои обязательства по Парижскому соглашению, в структуре производства электроэнергии должна переходить на возобновляемые источники (ВИЭ) [1] и на источники с низким уровнем выбросов CO<sub>2</sub>, т. к. согласно данным Всемирной метеорологической организации, более 75 % выбросов парниковых газов образуется в результате сжигания ископаемого топлива и хранения на полях избыточного ила от очистных сооружений [2].

По информации на 2023 год, в нашей стране ВИЭ вырабатывают 510,7 МВт, из них энергию воды используют установки суммарной мощностью порядка 7,8 МВт, солнца – 272,5 МВт, ветра – 111,4 МВт, биогаза – 41,5 МВт, энергию древесного топлива и биомассы – 77 МВт, а также иные возобновляемые источники в размере 0,5 МВт.

**Цель работы.** Изучить влияние изменения климата на энергетику, определить их особенности и меры адаптации.

**Исследования:** Необходимым этапом для понимания влияния изменений климата на энергетику и разработки рекомендаций по адаптации является оценка климатических рисков и воздействия опасных явлений погоды [3]. По оценке МГЭИК, в течение последних лет наблюдается значительный рост числа опасных явлений погоды, наносящих экономический ущерб. Белгидрометом по методике ФГБУ “ГГО имени А. И. Воейкова” была рассчитана уязвимость Витебской, Могилевской и Гомельской областей от опасных погодных явлений по специальной формуле. Самой уязвимой оказалась Гомельская область, что обусловлено более высокой повторяемостью таких явлений на данной территории и большим количеством населения. Самый значительный вклад в величину уязвимости вносят очень сильный дождь и очень сильный ветер. При расчете уязвимости не учитывались сильная жара, мороз и засуха.

*Изменение индекса дефицита тепла (HDD)* указывает на изменение в структуре энергопотребления. Для трех восточных областей средняя величина индекса составляла 33003700 °С•сут. К 2030-2039 годам ожидается, что значение дефицита тепла уменьшится на 360-450 °С•сут., к 2050 году – 790-900 °С•сут.

*Значение индекса дефицита холода (CDD)* для этой территории составляет 90-220 °С•сут. и изменяется при движении с севера на юг.

Потребление электроэнергии на кондиционирование растет, и к 2030-2039 гг. значение индекса CDD увеличится примерно в 1,5-2 раза по сравнению с 1981-2010.

Т. е. потребность в кондиционировании зданий и помещений в дальнейшем будет расти более интенсивно.

#### *Меры по адаптации*

Изменения климата, наблюдающиеся в настоящее время, уже воздействуют на энергетику страны, поэтому Белгидрометом разработаны рекомендации по адаптации:

1) на стадии проектирования электростанций необходимо учитывать климат региона и его будущие изменения, а также тенденции, которые отмечаются за последние 30 лет [4];

2) планирование режима работы станции и объема производимой электроэнергии должно опираться на вероятный рост максимальных температур воздуха, числа дней с высокими температурами и ростом температуры холодного периода года, сокращение климатической зимы и отопительного периода [2, 3];

3) необходима разработка и создание систем охлаждения на станции, которые могут работать в условиях роста температур воздуха, а также адаптация энергетики в условиях уменьшения потребления тепловой энергии в холодный период года;

4) необходима модернизация ЛЭП с учетом изменения климата.

**Заключение.** Таким образом, каждый из методов адаптации имеет свои ограничения и сложности по внедрению и совершенствованию, однако постепенный ввод данных методик в различные сферы энергетики приведет к более прогнозируемым и допустимым показателям температур в холодный и жаркий период. Как обозримый итог данных процедур – значительное снижение влияния климата на энергетику Республики Беларусь.

#### **Литература**

1. Возобновляемая энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by/content/investoram/vozobnovlyaemaya-energetika>

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

3. Как изменение климата влияет на энергетическую отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belgidromet.by/ru/news-ru/view/kak-izmenenie-klimata-vlijaet-na-energeticheskuju-otrasl-2952/#> – Дата доступа: 27.10.2024.

4. Грунтович, Н. В. Прогнозирование удельного расхода электрической энергии при изменении технологических расходов воды в системах городского водоснабжения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. - 2016. - № 3. - С. 37-45.

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

**Оразмередов М.А, Оразбердиева Э.М**

*Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары*

**Актуальность.** Перед началом проведения мониторинга параметров ветра производится топографическое описание площадки, включающее в себя: – описание и фотографии (включая панорамные) площадки и типичных элементов, окружающих площадку; – координаты площадки с полной информацией об используемой системе координат; – топографическую карту орографии, шероховатости поверхности и препятствий потока (в частности, размеры зданий, а также высота и плотность растительного покрова); – спутниковые фотографии и (или) аэрофотоснимки, – местоположение или координаты измерительных мачт и УДЗ; – измерительное оборудование (в случае его наличия на площадке) [1].

**Цель работы** определить методы и средства проведения мониторинга климатических параметров в частности ветра которые дуют на территории Туркменистана, а на продолжительность периода мониторинга параметров ветра составляет не менее 12 полных и последовательных месяцев по крайней мере для одной мачты на площадке [2]. Допускается проведение мониторинга параметров ветра в период менее 12 полных и последовательных месяцев в случае, если такая продолжительность указана в техническом задании на проведение мониторинга параметров ветра [3].

Сбор данных мониторинга параметров ветра осуществляется непрерывно с частотой выборки не ниже 1 Гц. Данные о температуре, давлении воздуха, осадках, состоянии ВЭУ в случае их фиксации могут быть выбраны с меньшей частотой, но не реже одного раза в минуту (1/60 Гц).

Система сбора данных хранит как выбранные данные, так и статистические сведения о наборах данных в виде [2]:

- среднего значения;
- среднего квадратичного отклонения;
- максимального значения;
- минимального значения.

Выбранные наборы данных основываются на 10-минутных периодах, получаемых из смежных данных измерения параметров ветра. Если доступны данные мониторинга параметров ветра более чем из одной мачты, проводится корреляция между различными мачтами, чтобы продлить период измерений для каждой мачты и заполнить пробелы в данных. Учитывается неопределённость, связанная с процедурой корреляции. Измерения параметров ветра считаются неполными, если выполнено как минимум одно из следующих условий:

– период измерений ни у одной мачты на площадке не охватывает как минимум 12 последовательных месяцев;

– достоверность отфильтрованных данных от первичного датчика в сочетании с его резервным датчиком, установленными в соответствии с (21), составляет менее 90 %;

– достоверность данных, заполненных методами измерения-корреляции-прогнозирования (МРТ-методы) в соответствии с (21) на основе дальнейших данных измерений, проведенных на площадке, составляет менее 95%.

**Анализ полученных результатов.** Состав средств измерений и требования к ним и Основное оборудование для мониторинга параметров ветра [2]: – измерительная мачта, решетчатая или телескопическая, либо различные комбинации мачт высотой от 70 до 100 м, оснащенная устройством оперативной регистрации данных, несколькими сенсорами и солнечным модулем для электроснабжения Измерения параметров ветра, других метеорологических параметров производятся на двух-трех уровнях высот от поверхности земли в соответствии с техническим заданием на проведение измерений параметров ветра. Допускается применение как более низких, так и более высоких мачт; – устройство оперативной регистрации данных для выполнения измерений метеорологических параметров с дискретностью 1 Гц и передачи данных через систему GSM/GPRS или через спутник, либо с непосредственным интерфейсом на измерительной станции; – блок (шкаф) управления с автономным энергоснабжением и GSM/GPRS-коммуникатором для энергоснабжения системы и связи с центром сбора информации; – датчик средней скорости ветра (анемометр) для измерения горизонтальной составляющей скорости ветра с погрешностью измерений скорости ветра не более 0,2 м/с.

**Заключение.** Как видно из вышеизложенного анализ методов и средств мониторинга ветра является весьма привлекательной и имеет свои особенности использования из-за климата (пустынные или места с высокой влажностью). Поэтому необходимо также изучить опыты стран с похожими климатами.

### **Литература**

1. Сапаргелдиева Ш., Дурдыев Ш. Оценка влияния климатических изменений на мировую экономику и финансовые риски //Всемирный ученый. – 2024. – Т. 1. – №. 19. – С. 823-828.

2. Мухаммедова М.Г. Исследование климата в Туркменской части Каспийского моря //Изменение климата в регионе Каспийского моря: Материалы Межд. конференции. – Астрахань, 2022. – С. 66-68.

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

## **ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН, СВЯЗАННЫЕ С БУРОВЫМИ РАСТВОРАМИ**

**ПАНОВ Н.А. (студент, гр. НР-31)**

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

**Актуальность.** В процессе бурения скважин зачастую происходят осложнения. Под осложнением в скважине следует понимать затруднение ее углубления, вызванное нарушением состояния буровой скважины. К осложнениям в процессе бурения глубоких скважин относятся: поглощения бурового и тампонажного растворов, газонефтеводопроявления через устье скважины (переливы, выбросы, фонтаны) и за пределами устья (грифоны), обвалообразования, желобообразования, образования уступов и резких искривлений ствола скважины, прихваты и заклинивания бурильной и обсадной колонны, растепление многолетнемерзлых пород. Вышеперечисленные осложнения возникают в процессе механического воздействия на скважину, но по мере влияния бурового раствора на стенки скважины могут возникать следующие осложнения: растворение и набухание [2].

Успех бурения скважин в значительной степени зависит от состава и свойств буровых растворов, которые должны обеспечивать безопасность и безаварийность ведения работ при высокой скорости и бурения и качественном вскрытии продуктивного пласта.

**Цель работы** – изучение осложнений, возникающих во время бурения скважины связанные с буровыми растворами.

**Анализ полученных результатов.** Наиболее распространенными осложнениями при бурении скважин являются: поглощения буровых промывочных и тампонажных растворов; разрушение стенок скважины; НГВП; прихваты бурового инструмента и обсадных труб. Такая классификация осложнений, не претендуя на законченность, позволяет дифференцировать технологические приемы борьбы с ними [1].

Помимо механического воздействия на породу, осложнения может вызывать и влияние бурового раствора. К таким осложнениям можно отнести: набухание и растворение [3].

Набухание происходит в результате действия бурового раствора и его фильтрата при прохождении глин, уплотненных глин и аргиллитов, при значительном содержании минералов типа монтмориллонита, которые и набухают, сужая ствол скважины. Это приводит к затяжкам, посадкам, недоходам до забоя и прихватом бурильного инструмента.

Устойчивость (по отношению к растворению) стенок скважины, сложенных однородными породами, независимо от скорости восходящего потока, может быть достигнута лишь при условии полного насыщения бурового раствора солью (соль, содержащаяся в растворе, должна быть такой же, как соль, из которой сложены стенки скважины). При небольшой

мощности неоднородных солей основной мерой предупреждения их растворения является максимальное форсирование режима бурения с последующим спуском колонны и ее цементирование. При большой мощности неоднородных солей наиболее надежное средство предотвращения их интенсивного растворения - бурение с применением безводных буровых растворов. Хорошие результаты дает использование солейстойких буровых растворов и растворов, приготовленных из палыгорскита.

Многokrатная кавернометрия для оценки устойчивости горных пород широко применяется в практике бурения скважин на нефть и газ. Многократная кавернометрия позволяет судить о состоянии ствола скважины в процессе бурения, определять эффективность применяемых методов для предотвращения осложнений, разрабатывать мероприятия по предотвращению осложнений, связанных с нарушением целостности стенок скважин [2].

**Заключение.** Наиболее частым осложнением во время бурения скважин является прихват.

На стенки скважин также могут оказывать влияние буровые растворы. В процессе взаимодействия их со стенками происходит растворение или набухание, что замедляет процесс бурения.

Для предупреждения этих осложнений необходимо правильно подобрать буровой раствор. При выборе бурового раствора учитывают следующие параметры: вязкость; плотность; фильтрация бурового раствора; статическое напряжение сдвига; наличие песка в составе (не более 1–2 %).

Помимо этого, буровой раствор должен отвечать следующим требованиям: экологическая чистота; экономическая эффективность; температура; устойчивость стенок скважины; плотность раствора.

**Благодарность.** Автор выражает благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Аткиновской Т.В. за помощь при проведении исследования.

### **Литература**

1. Гайдаров А. М., Конесев Г. В. Управление технологическими свойствами поликатионных буровых растворов // Вести газовой науки. – 2021. – №. 4 (49). – С. 158-167.
2. Дегтярёв Ф. В. Буровой раствор для бурения глинистых отложений надсолевого комплекса Припятского прогиба // Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2020. – №. 9. – С. 150-152.
3. Аткиновская, Т. В. Изучение сорбционной способности модифицированного диоксида кремния по отношению к нефти / Т. В. Аткиновская, И. И. Злотников, В. Ю. Писарев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2024. – № 3 (98). – С. 13–20. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-13-20>.

## ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА НЕФТИ

Писарев В.Ю. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** Нефтегазовая промышленность и связанные с ней техногенные аварии несут опасность неблагоприятного воздействия на окружающую среду. В связи с этим разработка способов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов для экологической реабилитации загрязненных территорий является актуальной задачей. Для ликвидации нефтяных загрязнений наиболее эффективны сорбционные способы. Главными требованиями к применяемым сорбентам является их низкая стоимость, а также способность не смачиваться водой, не тонуть достаточно длительное время и активно поглощать нефть. В связи с этим вызывает интерес вопрос о возможности использования фосфогипса в качестве нефтесорбента. Фосфогипс – отход производства фосфорной кислоты на ОАО «Гомельский химический завод» представляет собой мелкодисперсный порошок с достаточно большой удельной поверхностью, что предполагает наличие у него выраженных сорбционных свойств. По данным на 2019 г. за время работы завода в отвалах на прилегающих территориях скопилось более 14 млн тонн фосфогипса [1].

**Цель работы:** изучение возможности использования фосфогипса в качестве сорбента для ликвидации нефтяных загрязнений, а также поиск путей улучшения его сорбционных свойств.

**Анализ полученных результатов.** Объектом исследования служил фосфогипс содержащий около 97% дигидрата сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Для изготовления образцов его сушили при температуре  $125 \pm 5$  °С и просеивали через сита от посторонних примесей и крупных фракций (размер частиц – не более 100 мкм). Основываясь на ранее проведенных исследованиях [2] для повышения гидрофобности порошок фосфогипса обрабатывали этилсиликонатом натрия марки ГКЖ-11. В отмеренное количество фосфогипса вводили 4 мас.% этилсиликоната натрия и перемешивали в лабораторном миксере в течение 1 мин. Образцы испытывали по следующим параметрам. Насыпную плотность оценивали по объему навески порошка при его свободной засыпке в мерный цилиндр. Гидрофобность определяли по ГОСТ 32704-2014. Для этого навеску порошка (2 г) ссыпали на поверхность воды в стакане и оставляли на 24 часа, затем оценивали количество порошка, погрузившегося на дно. Отношение количества порошка оставшегося на поверхности воды к количеству погрузившегося на дно, принимали за показатель степени гидрофобности. Маслосъемкость определяли по ГОСТ 21119.8-75 с помощью стеклянной палочки. Для определения истинной плотности измеряли массу навески

фосфогипса и его истинный объем по объему вытесненной воды. Сорбционную способность по отношению к нефти определяли ускоренным методом по ГОСТ 33627-2015 для адсорбента II типа. Испытания проводили в сравнении с известным нефтесорбентом марки ЭДВАНС-ЭКО на основе древесного лигнина (производитель ООО «ЭдвансНефтеХим» г. Минск). Сравнительные свойства сорбентов приведены в таблице.

Свойства сорбентов

Показатель	Сорбент		
	Фосфогипс исходный	Фосфогипс гидрофобизированный	ЭДВАНС-ЭКО
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2860	2850	-
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	630	620	300-350
Маслоемкость, г/г	1,12	1,18	-
Нефтеемкость, г/г	1,25	1,38	1,0-5,5
Гидрофобность, %	0	около 95	100

Из таблицы следует что, хотя известный сорбент обладает более высокими показателями, однако учитывая, что промышленно выпускаемые сорбенты являются достаточно дорогими материалами, а фосфогипс это отход производства, то это делает его перспективным сорбентом для сбора нефти как с почвы, так и с обводненных поверхностей, например, береговых линий.

**Заключение.** Таким образом на основе фосфогипса может быть получен эффективный минеральный сорбент для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов с твердой, в том числе обводненной поверхности. Рассмотренный технологический процесс увеличения сорбционных свойств фосфогипса достаточно прост, не требует специального оборудования и дорогих материалов и может быть успешно реализован в промышленных условиях.

**Благодарность.** Выражаю благодарность научному руководителю, ст. преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ имени П.О. Сухого Атвиновской Т.В. за помощь при проведении исследования.

#### Литература.

1. Губская, А.Г. Утилизация отходов Гомельского химического завода с получением товарной продукции / А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко, И.Н. Горбач // Проблемы современного бетона и железобетона: сб. науч. тр. / Институт БелНИИС. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 89–107.

2. Атвиновская, Т.В. Изучение сорбционной способности модифицированного диоксида кремния по отношению к нефти / Т.В. Атвиновская, И.И. Злотников, В.Ю. Писарев // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. – 2024. – № 3 – С. 13-20.

# АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Подольский В.А (студент гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность:** Новые виды обработки материалов способствуют развитию промышленности, улучшению качества жизни и решению актуальных задач в различных областях. Новые виды обработки материалов позволяют улучшить свойства материалов, снизить затраты, повлиять на экологическую устойчивость, увеличить эффективность производственных процессов, создание новых функциональных материалов, интеграция с новыми технологиями, улучшить качество поверхности, адаптироваться к специфическим требованиям.

**Цель работы** – провести анализ возможностей новых видов обработки материалов.

**Анализ полученных результатов:** Современные технологии обработки материалов продолжают развиваться, и в последние годы появились несколько новейших методов, которые значительно улучшают производственные процессы. К основным относятся:

1. 3D-печать (аддитивные технологии): Эта технология позволяет создавать объекты слоями [1], используя различные материалы, включая пластик, металл и даже биоматериалы. 3D-печать находит применение в промышленности, медицине и архитектуре.

Преимущества 3D-печати: Индивидуализация: Возможность создания уникальных изделий по индивидуальным требованиям. Сокращение отходов: Аддитивные технологии используют только необходимое количество материала, что снижает количество отходов по сравнению с традиционными методами. Скорость разработки: Быстрая прототипизация позволяет ускорить процесс разработки новых продуктов. Сложные геометрии: Возможность создания сложных форм, которые невозможно или трудно изготовить традиционными методами.

2. Лазерная обработка [2]: Лазерная резка и сварка стали популярными благодаря своей точности и скорости. Лазеры могут обрабатывать широкий спектр материалов, включая металлы, пластики и стекло.

Преимущества лазерной обработки: Высокая точность и качество. Минимальное тепловое воздействие. Гибкость в обработке различных материалов. Скорость обработки. Автоматизация и управление. Отсутствие механического контакта. Экологичность. Возможность обработки сложных форм. Низкие затраты на обслуживание. Безопасность.

3. Электроэрозионная обработка (EDM): Этот метод используется для обработки сложных форм и деталей из твердых металлов. Он работает на

основе электрических разрядов, которые удаляют материал с поверхности. Преимущества Электроэрозионной обработки (EDM): Высокая точность и детализация. Обработка твердых материалов. Сложные геометрические формы. Минимальное механическое воздействие. Отсутствие износа инструмента. Гладкая поверхность. Автоматизация процесса. Возможность обработки в труднодоступных местах. Экономия времени на подготовку. Меньше отходов материала.

4. Ультразвуковая обработка: Ультразвуковые волны могут использоваться для резки, сварки и очистки материалов. Этот метод особенно полезен для работы с хрупкими или чувствительными к теплу материалами.

5. Плазменная обработка: Плазменная резка и наплавка позволяют обрабатывать материалы с высокой точностью и минимальными термическими деформациями [3].

6. Микрообработка: Современные технологии позволяют обрабатывать материалы на микро- и наноуровне, что открывает новые возможности в производстве микроэлектроники и медицинских устройств.

7. Обработка с использованием искусственного интеллекта (AI): AI и машинное обучение начинают играть важную роль в оптимизации процессов обработки материалов, включая предсказание износа инструментов и улучшение качества продукции. AI-системы могут адаптироваться к изменяющимся условиям и обучаться на новых данных, что делает их более эффективными со временем.

8. Нанотехнологии: Использование наноматериалов и методов их обработки открывает новые горизонты в создании более прочных, легких и функциональных материалов.

**Заключение:** Рассмотренные технологии не только повышают эффективность производства, но и позволяют создавать более сложные и инновационные продукты.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю доценту Царенко И.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

### **Литература**

1. Petrishin G. V., Bystrenkov V. M., Odarchenko V. I. Method of providing wear-resistance of the blades of paddle mixers //Litiyo i Metallurgiya. – 2019. – Т. 2. – С. 32-35.

2. Петришин, Г. В., Пантелеенко Е.Ф., Невзоров М.В. Исследование микроструктуры поверхности лазерных покрытий из диффузионно-легированных порошков на основе отходов производства / Г. В. Петришин, // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37.

3. Анахов С. В., Гузанов Б. Н., Матушкин А. В. Разработка оборудования и технологии прецизионной воздушно-плазменной резки толстолистовой стали //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65. – №. 1. – С. 38-47.

## АНАЛИЗ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ГАЗО- И НЕФТЕСНАБЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Поляков Н.Ю.(студент гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** Нефтегазовая отрасль в новейших экономических условиях находится в тяжелом состоянии. Для повышения эффективности диверсификации необходимо комплексный подход, включающий развитие инфраструктуры, инвестиции в новые технологии, создание благоприятного инвестиционного климата и стратегическое планирование [1,2].

**Цель работы** – исследование диверсификации газо- и нефтеснабжения в Республики Беларусь.

**Анализ полученных результатов:** Проведённый анализ позволил выявить следующие проблемы газо- и нефтеснабжения Республики Беларусь

1) Недостаток инфраструктуры/ Для эффективной диверсификации требуется развитая транспортная и перерабатывающая инфраструктура. Если такая инфраструктура отсутствует или устарела, это может ограничивать возможности по диверсификации. Отсутствие альтернативных маршрутов, хотя Беларусь пытается диверсифицировать источники поставок, инфраструктура для импорта нефти и газа из других стран (например, через LNG-терминалы или трубопроводы) остается недостаточно развитой

2) Высокие затраты на переход: Инвестиции в новые или иные источники энергии или альтернативные поставки могут быть значительными. Если не подсчитанные затраты превышают ожидаемую выгоду, это может привести к неэффективности и иным пагубным последствиям.

3) Регуляторные барьеры: Сложные или непредсказуемые регуляторные условия могут затруднять выход на новые рынки или развитие новых технологий.

4) Экономические и политические факторы: Внутренние экономические проблемы, такие как инфляция или нестабильность, а также международные политические конфликты могут негативно влиять на диверсификацию. Экономические ограничения, инвестиции в новые проекты по диверсификации требуют значительных финансовых ресурсов, которых может не хватать в условиях ограниченного бюджета и экономических санкций.

5) Технологическая зависимость: Если страна зависит от технологий, разработанных другими странами, это может ограничить ее возможности для диверсификации. Технические и технологические барьеры: Для эффективной диверсификации необходимо внедрение новых технологий и модернизация существующей инфраструктуры, что требует времени и средств.

6) Конкуренция на рынке: На международном уровне существует высокая конкуренция за ресурсы, что может затруднить доступ к альтернативным поставщикам.

Неэффективность диверсификации газо- и нефтеснабжения в стране может проявляться в нескольких аспектах:

7). Зависимость от одного поставщика: Если страна полагается на ограниченное число источников энергии, это делает её уязвимой к колебаниям цен, политическим рискам и сбоям в поставках.

8) Недостаток инфраструктуры: Для успешной диверсификации необходимо развивать транспортную и перерабатывающую инфраструктуру. Отсутствие современных трубопроводов, терминалов и хранилищ может ограничить возможности для импорта и экспорта.

9) Экономическая нецелесообразность: Инвестиции в новые источники энергии могут быть высокими, и если они не приносят ожидаемой прибыли или не обеспечивают достаточной конкурентоспособности, это может привести к финансовым потерям.

10) Технические и технологические барьеры: Некоторые страны могут сталкиваться с недостатком технологий для эффективной разработки альтернативных источников энергии или для улучшения существующих

11) Технические ограничения: Не все страны имеют возможность или технологии для переработки и использования различных видов топлива. Например, переход на СПГ требует наличия соответствующей инфраструктуры и технологий.

12). Влияние глобальных рынков: Цены на нефть и газ зависят от мировых рынков, и даже при диверсификации поставок, страны могут столкнуться с высокими ценами и нехваткой ресурсов в случае глобальных кризисов. 5. Экологические факторы: Переход на альтернативные источники энергии может быть затруднен из-за экологических норм и требований. Например, использование угля или нефти может быть ограничено из-за строгих экологических стандартов.

13) Зависимость от технологий: Разные источники энергии требуют различных технологий для добычи, транспортировки и хранения. Если страна не имеет доступа к необходимым технологиям или знаниям, это может снизить эффективность диверсификации.

**Заключение.** В результате этих факторов попытки диверсифицировать свои источники энергоснабжения могут оказаться неэффективными, если не будут предприняты комплексные меры для решения существующих проблем.

#### **Литература**

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. Повжик П. П. Создание системного подхода-путь повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых запасов нефти месторождений Припятского прогиба //Недропользование XXI век. – 2019. – №. 4. – С. 134-143.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВАЛ» КОНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА КВС-1-0135000

**Рахматулаев А.Р.** (студент, гр. И-21)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухого*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** В современных условиях развития общества одним из самых значимых факторов технического прогресса в машиностроении является совершенствование технологии производства [1]. Коренное преобразование производства возможно в результате создания более совершенных средств труда, разработки принципиально новых технологий.

Развитие и совершенствование любого производства в настоящее время связано с его автоматизацией, созданием робототехнических комплексов, широким использованием вычислительной техники, применением станков с числовым программным управлением. Все это составляет базу, на которой создаются автоматизированные системы управления, становятся возможными оптимизация технологических процессов и режимов обработки, создание гибких автоматизированных комплексов [2].

**Цель работы** – анализ базовой технологии изготовления детали и разработка предложений по оптимизации технологического процесса механической обработки детали «Вал» конического редуктора КВС-1-0135000 комбайна кормоуборочного КВК-800.

**Анализ полученных результатов.** Вал предназначен для передачи вращательного движения шестерне. Наружная цилиндрическая поверхность  $\varnothing 40k6$  предназначена для запрессовки роликового подшипника, который является опорой вала в корпусе редуктора.

На наружную цилиндрическую поверхность  $\varnothing 40f9$  устанавливается манжета, которая предотвращает попадание пыли и грязи в подшипник.

На наружную цилиндрическую поверхность  $\varnothing 30h9$  устанавливается ступица. На резьбовую поверхность M18x1,5 – 6g заворачиваются две гайки, которые необходимы для предотвращения спадания ступицы.

На наружную цилиндрическую поверхность  $\varnothing 35h6$  запрессовывается шестерня. На резьбовую поверхность M30x1,5 – 6g заворачивается гайка с замочной шайбой.

Вал изготавливается из легированной стали 40Х ГОСТ 4543 – 71 и подвергается термической обработке для повышения твердости и износостойкости детали.

Операции изготовления детали по базовому технологическому процессу:  
010 – фрезерно-центровальная (МР-71М),  
030 – токарная с ЧПУ (16К20Ф3),

- 040 – токарная с ЧПУ (16К20Ф3),
- 050 – токарно-винторезная (16К20),
- 050 – токарно-винторезная (16К20),
- 060 – токарно-винторезная (16К20),
- 010 – фрезерно-центровальная (МР-71М),
- 060 – токарно-винторезная (16К20),
- 070 – шпоночно-фрезерная (692Р),
- 090 – шпоночно-фрезерная (692Р),
- 110 – вертикально-фрезерная (6Р12),
- 170 – торцекруглошлифовальная (ЗТ161Е),
- 180 – торцекруглошлифовальная (ЗТ161Е),
- 190 – круглошлифовальная (ЗМ151),
- 200 – круглошлифовальная (ЗМ151).

Анализ полученных результатов показывает, что при производстве исследуемого объекта, «Вал» КВС-1-0135623, в базовом технологический процессе было решено внести следующие изменения:

1. В предлагаемом варианте технологического процесса целесообразно с экономической точки зрения использовать поковку на один класс точности выше.

2. Операции 050 и 060 токарно-винторезные, выполняемые на токарно-винторезном станке модели 16К20, аннулировать, а резьбу нарезать на операциях 030 и 040 токарных с ЧПУ, с применением токарного станка с ЧПУ модели 16К20Ф3, соответственно. Расчет приведенной годовой экономии проведен на примере базовой операции 030 токарная с ЧПУ, станок 16К20Ф3. Расчёты показывают, что в проектном варианте предлагаемые изменения снижают себестоимость детали почти в 3 раза.

**Заключение.** Перечисленные выше предложения по изменению технологического процесса в значительной мере будут способствовать снижению себестоимости изготовления детали и росту производительности труда. По остальной структуре технологического процесса было принято решение изменения не вносить, т.к. он является наиболее рациональным.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, Прач Светлане Игоревне, старшему преподавателю кафедры «Механика», за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

- 1. Пулято, А. В. Расчет размерных цепей : учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / А. В. Пулято, А. В. Коваленко – Гомель : БелГУТ, 2008. – 32 с.
- 2. Бобарикин Ю. Л., Авсейков С. В., Прач С. И. Модернизация тонкого волочения высокоуглеродистой стальной проволоки с целью снижения деформационного старения //Перспективные материалы и технологии. – 2015. – С. 224-234.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОРОШКА В ЗОНУ НАПЛАВКИ ПРИ ЭМН

**Рогов С. В.** (аспирант)

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

**Актуальность.** В современном машиностроении ключевой задачей стоит эффективное использование материала и топливно-энергетических ресурсов, а также их экономия. Для успешного осуществления процесса электромагнитной наплавки (ЭМН) необходимо обеспечить равномерную подачу порошковых материалов в зону упрочнения, что позволяет сформировать сплошной поверхностный слой. Исследование методики подачи поможет достичь высокого качества поверхностного слоя и сэкономить дорогостоящие материалы.

**Цель работы** – изучение процесса транспортирования порошковых материалов в зону электромагнитной наплавки с определением зависимости величины подачи от ряда факторов: угла наклона лотка дозирующего устройства, времени работы устройства и гранулометрического состава порошков.

**Анализ полученных результатов.** Электромагнитная наплавка представляет собой метод наплавления порошковых материалов, основанный на использовании энергии магнитного поля и электрического тока, посредством которых порошок расплавляется и наносится на поверхность обрабатываемой детали с образованием упрочненного поверхностного слоя

На данный момент имеется множество работ, предлагающих различные способы транспортирования порошков в зону наплавки при процессе ЭМН, более совершенные схемы и установки [1].

Исследования осуществлялись на порошке ПЖРВ2 ТУ 14-1-3882-85 (размер частиц 160-315 мкм), порошке ферробор ФБ-17 ГОСТ 14848-69 (размер частиц 200-315 мкм) и порошке бористого чугуна БЧ-1 (размер частиц 250-315).

Масса подаваемого порошка (величина подачи) определялась взвешиванием на аналитических весах ВЛК-500 с точностью до 0,001 г. Время подачи определялось секундомером с точностью 0,05.

В работе была использована схема электромагнитного бункерного устройства, описание которого приведено в работе [2].

В ходе работы установки на лоток вибрационного загрузочного бункерного устройства воздействуют вибрации, вызываемые автотрансформатором. Подвижность системы осуществляется за счет того, что пластины воспринимают эти вибрации, благодаря которым они совершают колебательные движения. Вибрирование воздействует на накопитель, что обуславливает ссыпание порошка в зону наплавки с последующим его оплавлением на деталь. На порошок при этом действуют силы инерции и

трения, стремящиеся перемещать его частицы, а также сила тяжести. Регулируя амплитуду вибрации дозирующего устройства, возникает возможность получения необходимой величины подачи порошковых материалов в зону наплавки. Помимо изменения амплитуды, также можно изменять угол наклона лотка бункерного устройства.

При проведении исследования транспортирования, для рассматриваемых составов порошков были получены зависимости величины подачи от времени работы и угла наклона лотка устройства, а также определена стабильность величины подачи от времени работы дозатора.

Для осуществления устойчивого процесса электромагнитной наплавки и получения равномерного упрочненного поверхностного слоя частицы порошка перед непосредственной подачей в зону наплавки необходимо утрамбовать вибрированием с целью получения однородной структуры.

Влияние вибрации способствует перемещению частиц порошка в зону наплавки. При достижении определенных значений амплитуды порошок приобретает состояние, называемое «псевдооживлением», при котором рассыпчатая среда становится подвижнее и достигается компактное трамбование частиц с уменьшением количества пор, что приводит к более стабильной подаче порошка и, следовательно, равномерному упрочняемому поверхностному слою [2, 3].

**Заключение.** Рассматривая результаты исследования процесса вибротранспортирования, видно, что величина подачи порошка зависит от угла наклона лотка и структуры частиц порошка: чем больше частицы порошка, тем меньше усилий необходимо приложить для их транспортировки в зону электромагнитной наплавки.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю зав. кафедры «Технология машиностроения» Стасенко Дмитрию Леонидовичу, к.т.н., доценту, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Люцко В.А., Петришин Г.В., Соболев В.Ф. Исследование комплексного изнашивания поверхностей, упрочненных электромагнитным способом // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. Материаловедение. - 2004. - № 12. - С. 63-65.
2. Верещагин М.Н., Стасенко Д.Л., Целуев М.Ю. Анализ процесса аморфизации сложнолегированных сплавов на железной основе при закалке из расплава // Материалы, технология, инструмент. – 2003. – Т. 8, № 1. – С.51–56.
3. Степанкин И. Н., Стасенко Д. Л., Степанкина Л. В. Упрочнение деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей при их восстановлении // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2010. – №. 11. – С. 28-32.

## ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Савко Н. А.** (студент, гр. ТМ-41)

*Гомельский государственный технический университет имени П. О.  
Сухого,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** На сегодняшний момент приоритетной задачей в машиностроении является повышение надежности и долговечности деталей машин. Одним из способов решения этой задачи является применение различных технологий обработки изделий, таких гидропластическая обработка. Гидропластическая обработка обеспечивает более равномерное распределение структуры и свойств по сечению изделия, а так же улучшает физико-механические характеристики металла.

**Цель работы** – проведение обзора новейших исследований и разработок, предлагающих развитие метода гидропластической обработки, с определением его перспективности.

**Анализ полученных результатов.** Гидропластическая обработка (гидроформовка) - это технология деформации материалов (чаще всего листовых) под воздействием высокого давления жидкости. Метод отличается высокой эффективностью, позволяя получать сложные формы, недоступные при традиционной штамповке. Однако, как и у любой технологии, у гидроформовки есть свои проблемы и недостатки.

Изобретение относится к обработке металлов давлением, а именно к конструкциям устройств для гидропластической обработки цилиндрических зубчатых колес. Агрегат для гидропластической обработки цилиндрических зубчатых колес содержит вертикальный гидравлический пресс со смонтированным на его столе устройством для гидропластической обработки, имеющим рабочий инструмент. Агрегат снабжен пакетирующим устройством для формирования стопы зубчатых колес, подлежащих обработке, манипулятором, отводным устройством, желобом для отвода готовых деталей, а также ориентирующими устройствами, посредством которых производится ориентирование зубчатых колес. Привод перемещения указанных устройств осуществляется от гидроцилиндров. Пуансон установлен на опорах в плите подвижного суппорта посредством подпятника. Агрегат оснащен съемными устройствами с захватами. Рабочий инструмент выполнен в виде пакета дисковых деформирующих элементов, неподвижно установленных в бандаже и снабженных радиальными канавками, связанными с полостью высокого давления гидроцилиндра высокого давления. Радиальные канавки могут быть образованы в прокладочных шайбах, расположенных между дисковыми деформирующими элементами. Каждый из последних имеет заходную наклонную часть, расположенную под углом 2-12 и выходную часть под углом 3-15. Между этими частями

расположена калибрующая часть высотой 0, 5-5 мм. Обработка зубчатых колес производится путем их подачи и проталкивания поочередно через дисковые деформирующие элементы. Пакетирование зубчатых колес производится во время процесса обработки, чем достигается максимальное совмещение рабочих и вспомогательных движений исполнительных механизмов отдельных функциональных устройств.

При различных методах обработки всегда видны и недостатки. Основными недостатками являются: Сложность контроля процесса: Процесс деформации при гидроформовке сложен и требует точного контроля параметров давления, температуры и скорости подачи жидкости; Опасность взрыва: При неправильной эксплуатации или неисправности оборудования существует риск взрыва гидросистемы; Ограниченное разнообразие материалов: Не все материалы хорошо подходят для гидропластической обработки. Некоторые материалы могут быть слишком хрупкими или слишком податливыми, что затрудняет достижение желаемой формы; Высокая стоимость оборудования: Гидроформовочное оборудование отличается высокой стоимостью, что делает его доступным не для всех предприятий; Необходимость высококвалифицированного персонала:

Можно предложить несколько вариантов для решения проблем: Разработка и внедрение инновационных технологий изготовления пресс-форм: Современное программное обеспечение и аддитивные технологии (3D-печать) открывают новые возможности для создания высокоточных пресс-форм. Создание новых материалов: Разработка новых материалов с улучшенными свойствами, более подходящих для гидроформовки, расширяет возможности технологии. Применение систем автоматизации и контроля: Внедрение систем автоматизации и точного контроля процесса гидроформовки повышает точность обработки и снижает риски ошибок. Повышение уровня безопасности оборудования: Создание усовершенствованных систем безопасности и внедрение строгих правил эксплуатации снижает риск возникновения аварий. Оборудование позволит обеспечить грамотную эксплуатацию оборудования.

**Заключение.** Создание новых материалов, совершенствование оборудования и повышение квалификации персонала открывают широкие перспективы для развития этой технологии – гидропластической обработки.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Михайлов, М. И.; Лапко, О. А.; Тетерич, Н. Э.; Глазенкова, Е. С. Исследование влияния условий контакта инструмента на его напряженно-деформированное состояние // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого. — 2022. — № 2. — С. 5—11.

# РОЛЬ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДИЦИНСКИХ МОДЕЛЕЙ И ПРОТЕЗОВ

Савченко А.Ю. (студент ЭС-31)

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

**Актуальность.** Инженерная графика играет существенную роль в современной медицине, особенно в области проектирования и создания медицинских моделей и протезов. Эта технология дает возможность инженерам и медицинским специалистам использовать 3D-моделирование, компьютерное моделирование и визуализация для создания индивидуальные и высокоточных медицинских решений.

**Цель работы** – выделение роли инженерной графики в производстве медицинских моделей и протезов, а также преимуществ и вызовов, связанных с этим процессом.

**Анализ полученных результатов.** Инженерная графика является неотъемлемой частью проектирования медицинских моделей, играя ключевую роль в создании детальных трёхмерных моделей органов и тканей человеческого тела. Для этого подробно рассмотрим её вклад в медицинское моделирование:

1. *Образование и обучение.*
2. *Планирование хирургических вмешательств.*
3. *Диагностика в лечении.*

Также инженерная графика играет очень важную роль в создании индивидуальных медицинских протезов:

1. *Сканирование и моделирование.*



Рис. 1 – Медицинские протезы

2. *Индивидуальный дизайн.*
3. *Изготовление с использованием 3D-печати.*

Плюсы использования инженерной графики [1]:

1) **Индивидуальность:** каждый пациент уникален, и его анатомия может существенно отличаться от других. Благодаря инженерной графике можно адаптировать медицинские модели и протезы к конкретные потребностям

каждого человека. Это позволяет обеспечить наилучшую посадку, комфорт и функциональность протеза.

2) Быстрота производства: с использованием современных технологий, таких как 3D-печать, производство медицинских моделей и протезов может быть существенно ускорено.

3) Точность и надежность: использование инженерной графики и современных технологий CAD (компьютерного проектирования) гарантирует высокую точность и надежность в создании медицинских моделей и протезов.

4) Прозрачность и взаимодействие с пациентом: инженерные модели и визуализации могут быть использованы для объяснения пациентам и их семьям сложных медицинских концепций. Врачи и инженеры могут показать пациентам, как будет выглядеть и функционировать их протез или медицинская модель, что способствует лучшему пониманию и согласию на лечение.

Минусы использования инженерной графики:

1) Стоимость оборудования и обучения: для использования инженерной графики в медицинских приложениях требуется специализированное программное обеспечение, аппаратное оборудование и обучение персонала.

2) Конфиденциальность и безопасность данных: медицинские данные являются чрезвычайно чувствительными, и их хранение и передача требуют высокого уровня защиты.

3) Совместимость с медицинскими системами: медицинские модели и протезы, созданные с использованием инженерной графики, должны быть совместимы с медицинскими системами, что может потребовать дополнительных усилий и интеграции.

**Заключение.** Инженерная графика играет важную роль в создании индивидуальных и высокоточных медицинских моделей и протезов. Она позволяет персонализировать заботу о пациентах, обеспечивая им лучшие результаты и качество жизни. Вместе с развитием технологий и стандартов, ожидается, что использование инженерной графики в медицинских приложениях будет продолжать расширяться и совершенствоваться. Эти современные методы проектирования и производства медицинских моделей и протезов уже сегодня оказывают положительное воздействие на пациентов и медицинские профессионалы, и их роль будет только расти в будущем.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Мурашко Ольге Петровне за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Современность и актуальность бионических протезов: [сайт]. – Москва, 2024. – URL: <https://ortoreal.ru/blog/sovremennost-i-aktualnost-bionicheskikh-protvezov/> (дата обращения: 26.10.2024).

## ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

**Сальников В.В. (студент, гр. ЗТМ-41с)**

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

**Актуальность:** В мире ежегодный прирост отработанных автомобильных шин оценивают приблизительно в 150 млн шт. в год. Во многих странах отработанные шины попадают главным образом на рельеф местности т.е. в основном на обочины дорог и на прилегающие к дорогам территории, что значительно влияет на экологию [1,2].

**Цель:** Решить проблему с утилизацией изношенных автомобильных шин путем создания мобильной установки способной измельчать и перерабатывать покрышки в любом населенном пункте.

**Анализ полученных результатов:** Технология переработки покрышек на мобильной установке основана на методе механической скоростной переработки с воздушной сепарацией резинового порошка по заданным размерам (что позволяет получать различные фракции крошки) и одновременным делением измельченного корда.

Эта технология предполагает выделение следующих аспектов, а именно:

- 1) сохранить полезные свойства резины;
- 2) получить качественную продукцию;
- 3) решить проблему экологии.

Так же следует отметить преимущества технологии:

- крошка получается чистой с 0 включениями текстиля и металла, любой заданной фракции. Возможно изготовление, как кубической крошки правильной формы, так и резины дробленой «ёлочная игла».

- крошка имеет очень низкую себестоимость от 2.5 до 5.5 руб/кг. Что дешевле в несколько раз гранул, полученных на стандартных дорожных комплексах по многоступенчатому дроблению шин.

- все оборудование мобильное, легко и быстро можно монтировать/демонтировать на новой площадке. Минимальные требования под размещение от 40 м<sup>2</sup> весь цикл.

На мобильной установке нашей собственной разработки УПШ (рис.1), снимается вся наружная резиновая оболочка на выходе имеет вид резиновой крошки, заданной оператором станка фракции. Резиновая крошка, без каких-либо включений – идеально чистая составляет около 50% от веса утильной крошки. С другой стороны, полученная крошка это около 70% от веса объема резины, содержащегося в конструкции автомобильной шины.

На специальном резаке нашей собственной разработки, оставшаяся часть каркаса покрышки с кордовыми слоями, дробится на более крупные, чем крошка резиновые фрагменты – кордовые пластинки.

Далее, полученные путем дробления материалы (резиновая крошка и кордовые пластинки), на оборудовании для формования резиновой плитки превращается в готовую продукцию.

На выходе, цветные резиновые плиточные покрытия, имеющие 2 слоя: более тонкий верхний слой – цветной, состоящий из резиновой крошки. Нижний более толстый слой состоит из резиновой крошки и кордовых пластинок.



Рисунок 1 – Установка по утилизации автомобильных шин

**Заключение:** Проблемы переработки отработанных шин имеет большое значение в наше время, в связи с неблагоприятной экологической обстановкой в мире. Создание центров по переработке шин позволяет уменьшить влияние негативных веществ на экологию, а так же повысит потенциал промышленного комплекса страны. В данной области переработки сырья в готовую продукцию без дополнительных затрат.

**Благодарность:** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю кандидату технических наук Царенко И.В. за консультацию и помощь при оформлении данной статьи.*

#### **Литература**

1. Сиваков В.В., Буглаев А.М., Грядунов С.С., Деревягин Р.Ю. Утилизация автомобильных шин: проблемы и возможные решения //Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – №. 2. – С. 36.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

**Самусев В.П.** (студент, гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** Лучевые методы сварки находят успешное применение в различных отраслях промышленности. Среди этих методов наибольшее распространение получила электронно-лучевая сварка (ЭЛС), позволяющая соединять за один проход металлы и сплавы толщиной от 0,1 до 400 мм. Электронно-лучевая сварка относится к методам сварки высококонцентрированными источниками энергии и обладает широкими технологическими возможностями [1].

**Цель работы** – проведение обзора исследований, выделяющие преимущества и недостатки электронно-лучевой сварки, с определением её перспективности.

**Анализ полученных результатов.** Электронно-лучевая сварка рассматривается как наиболее перспективный способ соединения изделий из тугоплавких металлов; изделий из термически упрочненных материалов, когда нежелательна, затруднена или невозможна последующая термообработка; изделий после завершающей механической обработки при необходимости обеспечения минимальных сварочных деформаций; ряда толстостенных и толстолистовых конструкций ответственного назначения [3].

В статье [2] были выделены основные факторы проплавления во время электронно-лучевой сварке: давлением потока электронов; характером выделения теплоты в объеме твердого металла; реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов; излучением.

Также можно проводить сварку непрерывным электронным лучом. Но при сварке легкоиспаряющихся металлов — например, алюминия или магния — эффективность электронного потока и количество выделяющейся в изделии теплоты уменьшаются из-за потери энергии на ионизацию паров металлов. Тогда лучше вести сварку импульсным электронным лучом с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100... 500 Гц.

В результате глубина проплавления повышается. Правильная установка соотношения времени паузы и импульса позволяет сваривать очень тонкие листы. Теплоотвод во время пауз уменьшает протяженность зоны термического влияния. Однако при этом возможно образование подрезов, которые можно устранить сваркой колеблющимся или расфокусированным лучом [3].

По результатам работы [2] были выделены основные преимущества электронно-лучевой сварки: высокая концентрация ввода теплоты в изделие, малое количество вводимой теплоты, отсутствие насыщения расплавленного

и нагретого металла газами. Рассмотрим каждое преимущество по отдельности.

Высокая концентрация ввода теплоты в изделие. Теплота выделяется не только на поверхности изделия, но и на некоторой глубине в объеме основного металла. Фокусировка электронного луча может создать пятно нагрева диаметром 0,0002... 5 мм — это позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от десятых долей миллиметра до 200 мм. Так можно получить швы, в которых соотношение глубины провара к ширине до 20:1 и более. Появляется возможность сварки тугоплавких металлов (вольфрама, тантала и др.), керамики и т.д. Уменьшение протяженности зоны термического влияния снижает вероятность рекристаллизации основного металла в этой зоне.

Отсутствие насыщения расплавленного и нагретого металла газами. Наоборот, в ряде случаев наблюдается дегазация металла шва и повышение его пластических свойств. Это приводит к высокому качеству сварных соединений на таких химически активных металлах и сплавах, как ниобий, цирконий, титан, молибден и др. Можно также достичь хорошего качества электронно-лучевой сварки на низкоуглеродистых, коррозионностойких сталях, меди и медных, никелевых, алюминиевых сплавах [2].

Так есть и недостатки электронно-лучевой сварки: сложность и высокая стоимость оборудования; необходимость наличия вакуумных камер, что ограничивает размеры свариваемых изделий; вредное рентгеновское излучение в процессе ЭЛС; необходимость высококвалифицированного персонала.

**Заключение.** Проведенный анализ показывает, что метод электронно-лучевой сварки имеет больше перспективы для улучшения благодаря множеству возможных направлений его развития.

**Благодарность.** *Выражаю признательную благодарность научному руководителю Петришину Г.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература.**

1. Львов В. А. Электронно-лучевая сварка крупногабаритных изделий ракетостроения на современном уровне. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «Решетневские чтения». – Красноярск, 2019, 1, С. 260–261.

2. Петришин, Г. В., Пантелеенко Е.Ф., Невзоров М.В. Исследование микроструктуры поверхности лазерных покрытий из диффузионно-легированных порошков на основе отходов производства / Г. В. Петришин, // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>

3. Петришин Г.В. Применение самофлюсующихся порошков в процессе магнитно-электрического упрочнения/ / Вестник Брестского государственного технического университета. – 2004. – №4. – С.37–39.

## МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СКВАЖИН ОТ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Северин Д.Д. (студент гр.НР-21)

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

**Актуальность.** Проблема асфальто-смоло-парафиновых отложений актуальна и для месторождений НГДУ «Речицанефть», где нефти в целом являются парафинистыми, высокопарафинистыми и содержат значительные количества асфальто-смолистых веществ [1]. В данных условиях добычи нефти область формирования отложений значительно расширена (отложения на поверхности магистральных трубопроводов в том числе).

**Цель работы** - изучение технологий борьбы с АСПО на скважинах НГДУ в г.Речица.

В практике эксплуатации скважин встречаются с такими осложнениями как отложение асфальто-смоло-парафиновых веществ в подъёмных трубах, на забое скважины, в наземном и подземном оборудовании, в затрубе и т. д.

В группу парафинов входят твёрдые углеводороды от  $C_{17}H_{36}$  до  $C_{71}H_{144}$ . Нефти многих месторождений могут содержать в своём составе следов до 30 % и более смоло-парафиновых отложений, представляющих собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов: парафинов, смол, асфальтенов и механических примесей [2].

Методы борьбы с парафиноотложениями разделяются на следующие группы: механические; тепловые; физические; химические.

### ***Механические методы очистки***

Основной способ борьбы с отложениями АСПО в лифтах скважин – это очистка механическими скребками разной конструкции в зависимости от характеристики физико-химического состава нефтей, дебита скважин.

В фонтанных скважинах и скважинах, эксплуатируемых ЭЦН, парафин удаляется периодически при помощи скребков, спускаемых на проволоке через сальник в скважину. Для этой цели разработана целая гамма скребков различной конструкции.

К недостаткам механической очистки подъемных труб от парафина следует отнести то, что в результате обрыва проволоки скребков остается в трубах. Для его извлечения приходится поднимать трубы, что ведет к остановкам скважин и потерям в добыче нефти. Так же очистка нефтяного оборудования, лифтов происходит не полностью и при этом применяется много ручного труда, т.е. присутствует «человеческий фактор».

### ***Химические методы борьбы***

Выбор растворителя АСПО на каждом месторождении индивидуален и зависит от состава отложений, прочности осадка, способа эксплуатации скважин.

В последние годы динамика борьбы с АСПО сместилась в область применения ингибиторов предотвращения отложений АСПО. Технико-экономическая оценка отдельных видов борьбы с парафиноотложениями, показала, что наиболее эффективными являются химические методы с применением специальных растворителей, удаляющих АСПО, и реагентов, предотвращающих отложения парафина - диспергаторов, депрессаторов, смачивателей и модификаторов.

### ***Тепловые методы борьбы с АСПО***

Методы теплового воздействия для очистки труб от парафина получили широкое применение.

Тепловое воздействие осуществляется в виде прокачки горячей жидкости (нефти), нагнетания в скважину пара.

Прокачивать горячую нефть можно по кольцевой системе, т.е. в кольцевое пространство между эксплуатационной колонной и фонтанными трубами, и по центральной системе. Преимущество кольцевой системы состоит в том, что депарафинизацию можно производить без остановки работы скважины.

### ***Физические методы***

Включают в себя: импульсно-гидравлический, электромагнитный, ультразвуковой и использование покрытий. Из перечисленных методов широкое практическое применение нашли покрытия.

Покрытия нефтепромысловых труб из стекла, эмали, бакелитового и бакелито-эпоксидного лаков нашли широкое распространение во многих нефтедобывающих странах.

Но на глубоких скважинах до 4000-4500 м или скважинах, оборудованных ШГН, покрытия быстро разрушаются и не выполняют своей роли.

### **Заключение**

В ходе изучения технологий борьбы с АСПО наиболее перспективным направлением является использование химических реагентов, предотвращающих образование отложений, в сочетании с регулярным мониторингом и очисткой оборудования.

Проведённый анализ подчёркивает необходимость дальнейшего совершенствования технологий борьбы с АСПО.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю старшему преподавателю кафедры «НГРиГПА» Шепелевой Ирине Сереевне за консультацию и помощь при написании данной работы.*

### **Литература**

1. Демяненко Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачев. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2021.
2. Поляков А. В. и др. Классификация асфальто-смолистых и парафиновых отложений (АСПО). Механизм образования //Наука. Новое поколение. Успех. – 2020. – С. 143-147.

## АНАЛИЗ АНОДНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сикорский Д. П. (студент, гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** Принципиально анодно-механическая обработка может заменить почти все операции резания металла, однако практически она оправдывает себя лишь в тех случаях, когда механическая обработка связана с трудностями [1], а иногда и вообще невозможна, например, для сплавов с высокими механическими свойствами [2].

**Цель работы** – ознакомиться с анодно-механической обработкой и провести анализ особенностей её использования.

**Анализ полученных результатов.** Анодно-механическая обработка - способ обработки металлов комбинированным электрохимическим и электроэрозионным воздействием электрического тока на изделие в среде электролита.

Анодно - механическая обработка основана на термическом и химическом разрушении металла, происходящем в результате протекания электрического тока между двумя электродами; одним из электродов является обрабатываемая деталь, а вторым – инструмент. Ионы железа благодаря анодному растворению переходят в раствор, соединяются с силикат анионами и образуют нерастворимое соединение, в виде пленки

Обрабатываемое изделие (анод) и электрод-инструмент (катод) включают, как правило, в цепь постоянного тока низкого напряжения (до 30 В). Электролитом служит водный раствор силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (жидкого стекла), иногда с добавлением солей других кислот. В качестве материалов для электродов-инструментов применяют малоуглеродистые стали (08 КП, 10, 20 и др.). Под действием тока металл изделия растворяется и на его поверхности образуется пассивирующая пленка. При увеличении давления инструмента на изделие пленка разрывается и возникает электрический разряд. Его тепловое действие вызывает местное расплавление металла. Образующийся шлак выбрасывается движущимся инструментом. Изменяя электрический режим и давление, можно получить изделия с различной шероховатостью поверхности (до 9-го класса чистоты).

Наиболее удовлетворительные результаты по производительности, обработке и чистоте обрабатываемых поверхностей достигаются при применении в качестве электролита водного раствора силиката натрия, известного под названием растворимого, или жидкого стекла (общая формула  $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$ ). Электролит для анодно-механической обработки готовится разведением жидкого стекла водой. Пропорции при разведении должны быть такими, чтобы удельный вес рабочей жидкости составлял 1,28–1,32 г/см<sup>3</sup> для резки и 1,36–1,38 г/см<sup>3</sup> – для заточки.

В процессе анодно-механической обработки одновременно с термоэрозионным разрушением заготовки может иметь место электрическая эрозия электрода-инструмента, обусловленная разрядами между ближайшими точками электродов. При напряжении более 20-25 В возможно образование дугового разряда, разрушающего пассивную пленку или сами микровыступы, вместо которых образуются лунки.

Работа по съему металла при анодно-механической обработке осуществляется электрическим током в межэлектродном зазоре почти без силовой нагрузки на узлы анодно-механического станка в противоположность металлорежущим станкам, в которых эти узлы сильно нагружены. Интенсивность съема металла практически не зависит от механических свойств обрабатываемых металлов и инструмента (твердости, вязкости, прочности), поэтому анодно-механическую обработку целесообразно применять для изделий из высоколегированных сталей, твердых сплавов и т.п. Высокий технико-экономический эффект анодно-механическая обработка дает именно при обработке таких материалов: увеличивается производительность, уменьшаются количество отходов и расход 54 энергии, резко снижаются затраты на инструмент. При доводочных работах анодно-механическая обработка позволяет получить высокое качество поверхности.

Этим способом обрабатывают заготовки из высокопрочных и труднообрабатываемых сплавов, вязких материалов. Разрезают заготовки на части, прорезают пазы и щели, обрабатывают поверхности тел вращения, шлифуют плоские поверхности и поверхности, имеющие форму тел вращения, полируют поверхности, затачивают режущий инструмент

**Заключение.** Анодно-механическая обработка металлов, в отличие от процессов электроискровой обработки и электроимпульсной обработки, разбивается несколько медленнее, однако и в этой области имеются заслуживающие внимания конструктивные и технологические разработки, представляющие собой дальнейший шаг вперед по сравнению с известными ранее и опубликованными в литературе.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Демиденко Евгению Николаевичу, старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного анализа.*

#### **Литература**

1. Иноземцев В. Е. Исследование путей повышения эффективности отделочной лезвийной обработки // The scientific heritage. – 2021. – №. 63-1. – С. 38-45.
2. 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. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

**Скороходов А.Н. (студент, гр. ТМ-31)**

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

**Актуальность.** Современные требования к деталям машин задают принципиально новые стандарты по качественным и количественным показателям механических и эксплуатационных характеристик, при которых традиционными методами обработки заданный комплекс свойств зачастую получить не удастся [1]. Наряду с уже существующими требованиями постоянного повышения производительности, точности и качества обработки деталей все активнее выдвигается условие экологичности их изготовления. В настоящее время уже внедрены экологичные инновационные технологии обработки деталей, одной из которых является обработка поверхностно-пластическим деформированием (ППД) с возможностью исключения смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС) [2].

**Цель работы** – провести сравнительный анализ существующих способов поверхностного упрочнения деталей машин.

**Анализ полученных результатов.** В целях повышения геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя проводят отделочно-упрочняющую обработку детали, в качестве которой широко применяются методы ППД. Это обусловлено их невысокой стоимостью, низкой трудоёмкостью и отсутствием стружки. Все методы ППД основаны на использовании пластических свойств металлов. В отличие от абразивных методов отделочной обработки при пластическом деформировании кроме улучшения геометрических свойств наблюдается существенное упрочнение поверхности. После ППД детали становятся более устойчивыми к усталостному разрушению, у них повышается коррозионная стойкость и износостойкость

Способы ППД по упрочняющему воздействию разделяют на статические и ударные (динамические). К основным видам статических способов ППД относятся обкатывание или раскатывание поверхности шарами или роликами различной конструкции, алмазное выглаживание, дорнование. Они получили наиболее широкое распространение вследствие относительной простоты их реализации и стабильности протекания процесса обработки [1].

Накатывание позволяет снизить силы трения между инструментом и заготовкой, добиться большей глубины и высокой производительности процесса, но меньшей степени упрочнения, чем алмазное выглаживание. Обкатка чаще применяется для улучшения геометрии изделия и качества его поверхности. Алмазное выглаживание позволяет добиться меньшей шероховатости и большей микротвёрдости обработанных поверхностей,

нежели накатывание, при снижении глубины наклёпа, характеризуется малой производительностью и невысокой стойкостью дорогостоящего инструмента, отличается сравнительно малой площадью контакта инструмент-деталь, поэтому применяется при обработке нежестких деталей. Алмазным выглаживателем можно обрабатывать почти все применяющиеся в промышленности металлы и сплавы, за исключением титана, циркония и ниобия, так как они налипают на рабочую часть выглаживателя. Дорнование (поверхностное и объемное) является высокопроизводительным процессом, сочетающим возможности отделочной, упрочняющей, калибрующей и формообразующей обработок. Его применяют для обработки отверстий, когда необходимо получить высокие геометрические и физико-механические характеристики поверхности. К недостаткам дорнования относится то, что для перемещения инструмента требуются большие силы, вызывающие необходимость использования специального оборудования [2].

Динамические методы ППД (вибронакатывание и вибровыглаживание, чеканка, дробеструйная обработка) характеризуются прерывистым импульсным внедрением индентора в заготовку. Вибронакатывание и вибровыглаживание применяется в случаях необходимости выдавливания на поверхности заготовки едва заметных канавок для удержания смазки и продуктов износа в процессе эксплуатации.

Дробеструйная обработка представляет собой упрочняющую обработку поверхности заготовки потоком сухой дроби или дроби со специальной жидкостью. Шероховатость при этом значительно ухудшается.

**Заключение.** Выбор метода упрочняющей обработки должен носить комплексный характер. Сочетание отделочно-упрочняющей обработки с возможностью исключения СОТС способствует приоритетности выбора методов ППД при модернизации машиностроительного производства для повышения его эффективности, экологичности и конкурентоспособности. Для решения практических задач по упрочнению перспективным является направление, соединяющее в себе поверхностное и интенсивное пластическое деформирование.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Акуловой Е.М., старшему преподавателю, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература.**

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. – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>

2 Гуров Р. В., Щербаков А. Н. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностно-пластическим деформированием // Научные технологии в машиностроении. – 2021. – №. 4. – С. 3-9.

## К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

Смотренко И.Р. (студент, гр. ЗТМ-42с)

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

**Актуальность.** Устаревшие производственные мощности – одна из ключевых проблем машиностроения и других промышленных отраслей. Наличие старого оборудования, технологий и инфраструктуры тормозит развитие предприятий, снижает их конкурентоспособность и препятствует внедрению современных стандартов производства, влияя на эффективность и прибыльность [1].

**Цель работы.** Доказать, что отсутствие модернизации производства может повлечь за собой полную деградацию предприятий.

**Анализ полученных результатов.** Основные проблемы устаревших мощностей:

1. Снижение производительности и качества продукции.
  - Устаревшие мощности работают менее эффективно, что приводит к увеличению времени на производство и снижению объема выпуска продукции.
  - Сложности в поддержании стандартов качества, что ухудшает конкурентоспособность на рынке.
2. Высокие эксплуатационные затраты
  - Старое оборудование требует постоянного ремонта и обслуживания, что увеличивает операционные расходы.
  - Повышенное потребление энергии на устаревших установках приводит к дополнительным затратам на электроэнергию и топливо.
3. Отсутствие гибкости в производстве.
  - Старые линии часто ориентированы на массовое производство и с трудом адаптируются под малосерийные и индивидуальные заказы.
  - Устаревшие мощности не всегда способны поддерживать кастомизацию, что востребовано современным рынком.
4. Сложности с внедрением новых технологий.
  - Современные технологии требуют наличия совместимой инфраструктуры, которая отсутствует на устаревших мощностях. Это ограничивает компании в применении принципов искусственного интеллекта.
5. Низкая экологическая безопасность
  - Старые технологии часто не соответствуют экологическим нормам, что ведет к высокому уровню выбросов и загрязнений.

Предлагаются следующие пути решения проблемы устаревших мощностей:

1. Модернизация оборудования

- Замена старого оборудования на новые высокотехнологичные машины и установки, что позволяет повысить производительность и качество продукции.

- Внедрение энергоэффективного оборудования для сокращения потребления ресурсов и затрат на энергопотребление.

2. Автоматизация и цифровизация

- Внедрение систем автоматизации управления и роботизированных линий, что способствует снижению ручного труда и повышению точности.

- Использование цифровых платформ для анализа данных, мониторинга и контроля всех этапов производства.

3. Переход на устойчивое производство

- Переход на возобновляемые источники энергии, внедрение экологически чистых технологий, таких как системы фильтрации и переработки отходов, которые соответствуют современным экологическим стандартам.

4. Инвестиции в обучение персонала

- Подготовка сотрудников к работе с новым оборудованием и современными технологиями для повышения их квалификации и адаптации к новым условиям производства.

- Поиск инвестиций для финансирования модернизации, включая гранты, льготные кредиты и государственные программы поддержки.

- Участие в государственных программах субсидирования модернизации производственных мощностей, что снижает финансовую нагрузку на предприятия.

**Заключение.** Для преодоления проблемы устаревших производственных мощностей необходимы масштабные изменения и инвестиции в модернизацию, автоматизацию и экологизацию производства. Такие меры позволят повысить эффективность, конкурентоспособность и устойчивость предприятий в условиях быстро меняющегося рынка и растущих требований к качеству и экологической безопасности.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю доценту кафедры Технология машиностроения Царенко И. В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

**Литература**

1. Невзоров М. В. Сравнительный анализ промышленных и научно-исследовательских станочных систем [Электронный ресурс] / М. В. Невзоров ; науч. рук. Г. В. Петришин // МИТРО 2023 – Машиностроение. Инновации. Технологии. Робототехника : тезисы докл. науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых / Гомель, 6 декабря 2023 г. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2023. – С. 70.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН

Снарская Д.С. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** Одной из основных проблем развития нефтяной и газовой промышленности является обеспечение высокого качества строительства скважин, которое зависит от многих природных и технико-технологических факторов, которые слабо изучены и недостаточно учитываются при проведении работ [1].

В проблеме качественного строительства скважин особое значение имеет создание надёжного крепления, которое отвечало бы поставленным требованиям применительно к конкретным условиям и исключало бы возникновение осложнений, ставящих под сомнение целесообразность проведенных работ [2]. Крепление, состоящее из обсадных труб и цементной оболочки, является основной функциональной частью скважины, создаваемой на заключительном этапе её строительства.

**Цель работы** – проанализировать различные данные на тему повышения качества крепления скважин и обобщить полученную информацию.

### **Анализ полученных результатов.**

Крепление скважины – это один из наиболее важных процессов при бурении. Если крепление скважины осуществлено неправильно, это может привести к разрушению стенок скважины и понижению производительности. Поэтому повышение качества крепления скважины является важной задачей для компаний, занимающихся бурением скважин.

Одним из основных методов повышения качества крепления скважины является использование специальных крепёжных материалов. Существует большое количество различных материалов, используемых для крепления скважин, такие как цемент, буровая глина, геозатворы и т.д. Использование правильных материалов может значительно повысить качество крепления скважины и обеспечить её длительную эксплуатацию.

Ещё один из наиболее распространённых методов крепления скважины – использование обсадных труб. Они представляют собой металлические трубы различных диаметров, которые вставляются в скважину и крепятся на различной глубине. Таким образом, обеспечивается стабильность и надёжность скважины.

Также важным аспектом является правильное расчетное давление в канале скважины. Расчетное давление должно быть определено на основе характеристик грунта и стенок скважины, а также на основе использованных крепёжных материалов. Если расчетное давление неправильно определено, это может привести к неправильному креплению скважины и её разрушению.

Эффективность крепления скважины зависит также от того, какие методы применяются для контроля крепёжных материалов. Контроль качества

крепёжных материалов должен осуществляться в течение всего процесса бурения, начиная от выбора и заканчивая установкой. Контроль должен включать проверку качества материалов, таких как прочность и стойкость к воздействию окружающей среды.

Регулирование технологических свойств цементного раствора может достигаться использованием специальных жидкостей затворения, введением наполнителей, модифицирующих добавок, предварительной обработкой материалов и растворов.

В зависимости от характеристики давления гидроразрыва пород, наличия зон поглощения или зон АВПД возникает необходимость регулирования плотности тампонажного раствора – понижение или повышение.

Для получения легких цементных растворов ( $1400 \text{ кг/м}^3$  и менее) иногда используют ввод газообразных агентов (сжатого воздуха, азота) с помощью компрессора при закачке его в скважину получают пеноцементные растворы, плотность которых зависит от степени аэрации. Для повышения стабильности системы в жидкость затворения вводят пенообразующие ПАВ.

В качестве утяжеляющих добавок к тампонажным материалам используют известные утяжелители для буровых растворов - барит, гематит, магнетит, колошниковая пыль, геленит и др. Количество утяжелителя в составе материала может достигать 75% от массы цемента. При этом плотность тампонажного раствора может быть повышена до  $2300 \text{ кг/м}^3$  и более.

Режим течения цементного раствора – это один из важнейших факторов повышения качества крепления. Турбулизация потока может быть достигнута несколькими способами: первый – увеличение скорости потока. Именно этот путь предполагается, когда даются рекомендации по цементированию колонн при скоростях восходящего потока более  $1,5 \text{ м/с}$ .

**Заключение.** Таким образом, повысить качество крепления скважин можно с помощью различных добавок в раствор, обсадных труб, соблюдения турбулизации потока, а также важно проводить проверку цементации раствора и его качества в процессе бурения.

**Благодарность.** *Выражаю свою благодарность Аткинговской Татьяне Владимировне за помощь и содействие при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Самсоненко Н. В. Проблемы цементирования обсадных колонн при строительстве нефтегазовых скважин // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2020. – №. 2. – С. 20-25.
2. Байковский Д.И., Ревяков П.В., Невзорова А.Б. Технологические факторы, определяющие протяженность горизонтальной скважины в условиях I – III пачки Речицкого месторождения // Горная механика и машиностроение. – 2024. – № 4. – С. 5–11.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУТКИ ПРЯЖИ ИЗ ВОЛОКНА АРСЕЛОН НА ЕЁ СВОЙСТВА

Содель Р.И. (студент. гр. ЗТМ-41с)

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

**Актуальность.** В последнее время на белорусских текстильных предприятиях прослеживается тенденция к расширению ассортимента за счёт выпуска материалов со специальными свойствами. Выбор такой производственной политики обусловлен долгосрочным повышением рентабельности и конкурентноспособности [1].

**Цель данной работы** - определение влияния крутки арселеновой пряжи на её свойства.

Выпуск специальных материалов позволяет закрыть соответствующую нишу в потребностях государственных структур, тем самым способствуя импортозамещению. Переработка специфических видов сырья экономически целесообразна, поскольку, несмотря на некоторые трудности при производстве, позволяет получить высокую прибыль с единицы продукции. Немаловажно, что на некоторых предприятиях запуск нового технологического процесса является возможным с использованием уже имеющегося оборудования и не требует приобретения новых машин, а реализуется путём настройки параметров работы оборудования на всех переходах. Волокно, представляющее интерес для переработки, в промышленных масштабах производится на ОАО «СветлогорскХимволокно», расположенному в Республике Беларусь под торговым названием «Арселон».

Основным компонентом волокна является полипарафениленоксадиазола полимер со специальными свойствами, обеспечивающими повышенную огне- и термоустойчивость. Уникальные качества волокна «Арселон» это: не плавиться в открытом пламени, не токсичен; не поддерживает горение; устойчив к воздействию электрической дуги; сохраняет эластичность и прочность при пониженных температурах; высокопрочен; обладает высокой гигроскопичностью; устойчив к воздействию органических кислот и растворителей; сохраняет потребительские характеристики при длительном (до 3-х лет) воздействии температур +250°C и кратковременном – до +400°C; защищает от раскалённых до +800°C частиц металла, искр, окалины [2].

Исследования по наладке технологического процесса производства пряжи из штапельного волокна «Арселон» производились на предприятии ОАО «Гронитекс» в городе Гродно. Волокно перерабатывалось на хлопкопрядильном оборудовании по кардной системе прядения. При этом проводились экспериментальные исследования по выявлению зависимостей

показателей качества полуфабрикатов и пряжи от параметров работы технологического оборудования.

Крутка является одним из главных факторов, оказывающих влияние на физико-механические свойства, пряжи кольцевого способа прядения [3]. С увеличением крутки пряжи до критического значения повышается её разрывная нагрузка и удлинение, снижается ворсистость, но при этом повышается жёсткость пряжи и полотен из неё (рисунок 1).



Рисунок 1. Станок для крутки пряжи MILNIM

**Заключение.** Анализируя результаты по исследованию можно сделать вывод что относительная разрывная нагрузка пряжи, хоть и незначительно, но повышается, при этом повышается прочность и качество волокна.

**Благодарность.** *Выражаю благодарность и признательность доценту кафедры «Технология машиностроения» Царенко И.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Буткевич В. Г., Москалёв Г. И., Рутченков Е. И. Технология получения комбинированного огнетермостойкого материала //Материалы и технологии. – 2022. – Т. 10. – №. 2. – С. 43-46.
2. Клыкковский И.О. Исследование влияния крутки пряжи из волокна Арселон на ее свойства //Молодые ученые-развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – №. 1. – С. 294-296.
3. Шумилин О.В., Соколова, Д. Д., Буткевич, В. Г., Москалёв, Г.И. Разработка и исследование технологического процесса получения многокомпонентных огнетермостойких нитей //Материалы и технологии. – 2022. – Т. 10. – №. 2. – С. 38-42.

# УЧЁТ ОБВОДНЕНИЯ СКВАЖИН С ПОМОЩЬЮ МОДИФИКАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОДУКТИВНОСТИ

Станкевич Д.Н.

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель*

**Актуальность:** Обводнение скважины является одной из основных проблем в нефтедобыче, которая может существенно снижать эффективность работы скважины и уменьшать добычу нефти. Высокая обводненность добываемой продукции, низкие значения рН (кислые среды), высокая степень минерализации, повышенная эксплуатационная температура, присутствие агрессивных компонентов (сероводород и углекислый газ) вызывает электрохимическую коррозию нефтепромыслового оборудования месторождений Республики Беларусь [1]. Продукция эксплуатационных скважин содержит воду, представляющую собой, как правило, рассолы хлор-кальциевого типа высокой минерализации [2]. Обводненность добываемой продукции в среднем составляет 70 %.

Одним из методов борьбы с обводнением является модификация коэффициента продуктивности скважины. Коэффициент продуктивности (КП) скважины определяет способность скважины к производству нефти или газа из пласта [3]. При обводнении скважины происходит смешивание нефти с водой, что снижает КП и ухудшает работоспособность скважины. Для борьбы с этим явлением используются различные методы, одним из которых является модификация коэффициента продуктивности [4].

**Цель работы:** Цель работы заключается в исследовании и определении эффективности использования модификации коэффициента продуктивности для учета обводнения скважины. В рамках исследования проведется анализ влияния изменения коэффициента продуктивности на добычу нефти и воды, а также определение оптимальных параметров модификации для снижения обводнения скважины. Работа предполагает использование математических моделей и методов моделирования для анализа процессов добычи и взаимодействия флюидов в пласте. Полученные результаты могут быть полезны для оптимизации процессов добычи нефти и управления обводнением скважин на месторождениях.

**Результаты исследования:** При анализе данных по теме учета обводнения скважины с помощью модификации коэффициента продуктивности следует обратить внимание на следующие важные аспекты:

1. Изменение коэффициента продуктивности: необходимо изучить, как изменяется коэффициент продуктивности скважины с увеличением обводненности. Это позволит определить степень влияния обводнения на производительность скважины и необходимость его учета при планировании разработки месторождения.

2. Эффективность модификации коэффициента продуктивности: необходимо оценить эффективность предлагаемой модификации коэффициента продуктивности при учете обводнения скважины. Для этого можно провести сравнительный анализ показателей производительности скважин до и после применения модификации.

3. Оптимизация процесса эксплуатации скважин: на основе полученных данных можно разработать оптимальные стратегии учета обводнения при эксплуатации скважин. Это позволит повысить эффективность добычи углеводородов и снизить затраты на эксплуатацию скважин.

Итак, анализ данных по теме учета обводнения скважины с помощью модификации коэффициента продуктивности позволит оптимизировать процесс добычи углеводородов и повысить эффективность эксплуатации скважин.

**Заключение.** В результате проведенного исследования было установлено, что учет обводнения скважины с помощью модификации коэффициента продуктивности является крайне важным для эффективной эксплуатации нефтяных скважин. Моделирование и анализ данных об обводнении помогают оптимизировать процессы добычи и увеличить выход продукции.

Применение различных методов модификации коэффициента продуктивности позволяет улучшить эффективность добычи нефти и газа, а также минимизировать негативное воздействие обводнения на скважину. Правильное управление обводнением помогает увеличить долговечность скважины и улучшить ее производительность.

Таким образом, учет обводнения скважины с помощью модификации коэффициента продуктивности является необходимым шагом для оптимизации процессов добычи и снижения эксплуатационных затрат. Постоянное внимание к этой проблеме поможет компаниям в достижении большей эффективности и устойчивости производства нефти и газа.

### **Литература**

1. Кученев В. О., Ракутько А. Г., Асадчев А. С. Сводная оценка коррозионной стойкости отдельных марок стали нефтегазопроводных труб для РУП «Производственное Объединение «БЕЛОРУСНЕФТЬ» //Вестник Гомельского государственного технического университета имени ПО Сухого. – 2020. – №. 1 (80). – С. 94–101.

2. Порошина С.Л. К вопросу представительности данных о химическом составе попутных вод нефтяных месторождений Беларуси и методических приемах их обработки (интерпретации)/ Літасфера. – 2021. – № 1 (54). – С.58-70

3. Александров С.В. Учет обводнения скважины в разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. - 2015. - № 12. - С. 23-28.

4. Ющенко И. С. Анализ разработки Южно-Осташковичского месторождения нефти //Вестник Пермского университета. Геология. – 2024. – Т. 23. – №. 1. – С. 93-99.

# КОМПЛЕКСНАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ВИЭ В ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Султанов М.А. (студент, НВИЭ-5)

Государственный энергетический институт Туркменистана,  
г. Мары, Туркменистан

**Актуальность.** Решение задачи разработки цифровой системы для производства водорода в Туркменистане актуально по нескольким причинам. Современные энергетические вызовы требуют перехода на устойчивые и экологически чистые источники энергии, такие как «зеленый» водород, который может значительно сократить зависимость от традиционных углеводородов. Новый подход проекта — это интеграция системных исследований, математического моделирования и анализа данных для оптимизации использования возобновляемых источников энергии, особенно солнечной энергии, на территории Туркменистана [1].

**Цель работы** — заключается в разработке программного обеспечения, которое оптимизирует использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и способствует устойчивому энергетическому развитию Туркменистана. Целью работы является анализ энергетических систем с акцентом на возможности производства «зеленого» водорода. Исследование направлено на интеграцию солнечных фотоэлектрических станций (ФЭС) для получения водорода с минимальными затратами на преобразование и хранение энергии, а также разработку эффективных бизнес-моделей для дальнейшего привлечения инвестиций в сектор ВИЭ [2].

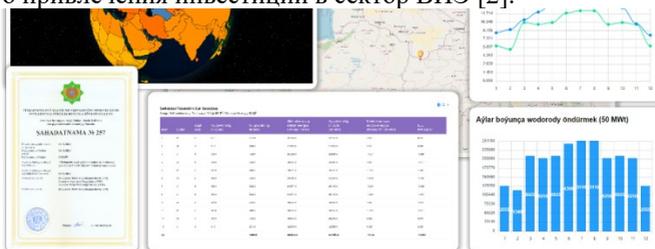


Рисунок 1 – Данные об интенсивности солнечного света во всех регионах на визуализированной интерактивной 3D-карте

**Анализ полученных результатов.** Программному обеспечению для исследования данных по проекту ВИЭ и производству "зеленого" водорода:

- **Эффективность визуализации данных:** Интерактивная 3D-карта, основанная на современных веб-технологиях, обеспечивает наглядное представление информации о солнечной радиации, что значительно упрощает анализ и интерпретацию данных пользователями.

- **Эффективность и результаты:** Программное обеспечение успешно достигло поставленных целей, обеспечив эффективный анализ

энергетических данных и оптимизацию проектов с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

- *Точность и надежность расчетов:* Реализованные математические модели обеспечивают точные и надежные расчеты, что является критическим для принятия обоснованных решений в области энергетики.

- *Система хранения данных:* База данных эффективно обрабатывает объемную информацию о производстве энергии и технических характеристиках ВИЭ, обеспечивая надежное хранение и быстрый доступ к данным.

- *Способствование дальнейшим исследованиям:* Разработанное программное обеспечение представляет собой базу для дальнейших исследований и разработок в области энергетики, особенно в использовании ВИЭ и водорода.

- *Успех в поставленных задачах:* Программное обеспечение успешно решает задачи, поставленные перед проектом, и предоставляет инструменты для комплексного анализа и оптимизации энергетических систем.

- *Практическое применение в энергетике Туркменистана:* Разработанное ПО предоставляет конкретные практические рекомендации и расчеты для энергетического развития Туркменистана, особенно с использованием ВИЭ и производства "зеленого" водорода.

- *Патент:* получение патента на программное обеспечение для данного проекта и является важным моментом, который подчеркивает его инновационный характер, защищает интеллектуальную собственность и способствует развитию проекта в долгосрочной перспективе.

**Заключение.** Разработанное программное обеспечение успешно достигло цели по созданию цифровой системы для организации производства водорода и интеграции возобновляемых источников энергии в Туркменистане. Программа объединяет точные математические расчеты, удобный интерфейс и визуализацию данных о солнечной радиации, что обеспечивает пользователям возможность быстрого и точного анализа.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Ханчаев Батыр Акмухаммедович, специалист Государственного энергетического института Туркменистана, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

1. Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.

2. Джумаев А.А. Пути развития водородной энергетики в Туркменистане. // Сборник научных трудов «Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем». – Гомель: ГГТУ имени П.О.Сухого. 2023. – С. 105–108.

## **ВІМ - ТЕХНОЛОГИИ**

**Тячмухаммедова О. Б.**

*Государственный энергетический институт Туркменистана,  
г. Мары, Туркменистан*

ВІМ (Building Information Modeling) раскрывает актуальность применения технологий информационного моделирования в строительстве. ВІМ представляет собой инновационный подход к проектированию, строительству и управлению объектами, основанный на создании цифровых моделей, содержащих всю необходимую информацию о проекте [1]. Современная строительная отрасль сталкивается с такими вызовами, как рост сложности объектов, необходимость повышения точности проектирования, сокращение затрат и времени реализации проектов, а также соблюдение экологических стандартов [2]. Эти задачи требуют внедрения цифровых технологий, среди которых ВІМ занимает ключевое место.

Целью изучения ВІМ является выявление его преимуществ, ограничений и перспектив в строительной отрасли. Основными задачами становятся анализ практических примеров использования технологии, изучение ее интеграции с другими инновациями и оценка её влияния на развитие строительной отрасли в целом.

Основные преимущества ВІМ:

1. Цифровое представление: ВІМ позволяет создавать 3D-модели, которые включают в себя не только геометрические параметры, но и данные о материалах, стоимости, сроках строительства и эксплуатации.

Цифровое представление в контексте ВІМ (Building Information Modeling) — это создание интегрированной цифровой модели объекта, которая содержит всю необходимую информацию для проектирования, строительства и эксплуатации.

Основные аспекты: Интеграция данных: ВІМ объединяет архитектурные, инженерные и эксплуатационные данные в одной модели, что обеспечивает координацию всех участников проекта.

Управление жизненным циклом: ВІМ позволяет эффективно управлять объектом на всех этапах — от концептуального проектирования до утилизации.

Перспективы применения ВІМ-технологий представляют собой важное направление для развития строительной отрасли, и предполагают значительные изменения как в процессе проектирования, так и в эксплуатации объектов. Основные перспективы включают:

1. Цифровая трансформация строительной отрасли: Внедрение ВІМ является основой для создания единой цифровой экосистемы в строительстве, что позволит интегрировать все этапы жизненного цикла объекта — от проектирования и строительства до эксплуатации и утилизации.

2. Интеграция с новыми технологиями: BIM будет все теснее интегрироваться с другими инновационными технологиями, такими как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект и машинное обучение.

3. Устойчивое и энергоэффективное строительство: Одним из ключевых направлений является использование BIM для реализации устойчивого строительства, где технологии позволяют анализировать энергоэффективность, минимизировать выбросы углекислого газа и оптимизировать использование ресурсов.

4. Автоматизация и стандартизация: В будущем BIM будет способствовать дальнейшей автоматизации процессов проектирования, строительного контроля и управления объектами. Стандартизация данных и процессов в BIM позволит уменьшить риски и ускорить сроки реализации проектов

5. Развитие умных городов. В рамках развития умных городов, BIM-технологии помогут в проектировании и управлении инфраструктурой, транспорте, а также в интеграции различных городских систем, таких как энергоснабжение и водоснабжение.

6. Международное сотрудничество и стандарты: С увеличением числа международных строительных проектов важным аспектом станет развитие общих стандартов для обмена BIM-данными, что позволит облегчить сотрудничество между различными странами и компаниями, улучшая качество и сроки выполнения проектов.

В заключение можно отметить, что BIM-технологии оказывают революционное влияние на строительную отрасль, предлагая более эффективные, устойчивые и точные методы проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Они обеспечивают комплексное цифровое представление проектов, интегрируя данные на всех стадиях жизненного цикла объекта, от концептуального дизайна до его эксплуатации и утилизации.

Внедрение BIM способствует значительному сокращению затрат и времени, повышению качества, а также улучшению координации между различными участниками проектов. С развитием таких технологий, как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI) и машинное обучение, возможности BIM будут только расширяться, позволяя создавать умные и экологически устойчивые города, а также улучшать управление строительными проектами на международном уровне.

### **Литература**

1. Невзорова А.Б., Афонченко М.С, Основные принципы информационного моделирования зданий: пособие. – Гомель, БелГУТ, 2017. – 104 с.

2. Ремазанов И., Чарыбаева А., Йазова М. Развитие информационных технологий //CETERIS PARIBUS. – 2023. – №. 3. – С. 30-33.

## СУСПЕНЗИОННЫЙ ПОЛИАКРИЛАМИД SGP BN-1 В КАЧЕСТВЕ ГЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЖИДКОСТИ РАЗРЫВА

**Ткачёва В.Д.** (студент, гр. НР-21)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.  
Сухого,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Вовлекаемые в разработку в настоящее время месторождения нефти и газа характеризуются низкими фильтрационно-емкостными характеристиками. В таких условиях для эффективной разработки запасов углеводородов неизбежным процессом является применение прогрессивных технологий гидроразрыва пласта (ГРП), к которым можно отнести технологию многостадийного гидравлического разрыва пласта (МГРП).

В БелНИПИнефть для реализации технологии МГРП разработаны новые ЖР на основе синтетических гелеобразователей – сополимеров акриламида (ПАА). Стоит отметить, что в состав разработанных ЖР входят относительно дорогостоящие химические реагенты импортного производства.

Учитывая ежегодное увеличение потребности в данных реагентах, с целью снижения финансовых затрат, актуальными задачами являлись: разработка и промышленное внедрение собственного импортозамещающего продукта под белорусским брендом, используемого в качестве гелеобразователя для ЖР.

**Целью исследований** является разработка рецептуры приготовления суспензионного ПАА для получения рабочей формы гелеобразующего реагента с высокими эксплуатационными характеристиками, технологической схемы производства и промышленное внедрение опытной партии реагента.

**Анализ полученных результатов.** На первом этапе лабораторных исследований определён перечень промышленно выпускаемых реагентов следующих классов: углеводородные растворители; порошкообразные ПАА; модификаторы вязкости; диспергаторы; регуляторы реологии.

В результате проведенного **первого этапа предварительных лабораторных исследований** определен перечень исходных реагентов, на основе которых получен образец суспензионного ПАА, который по физико-химическим свойствам соответствовал предъявляемым требованиям к жидкости разрыва.

Далее с целью определения оптимальных физико-химических свойств, оптимизации процесса промышленного изготовления товарных партий на стандартном технологическом оборудовании, экономических показателей и конкурентоспособности конечного продукта, проведен второй этап лабораторных исследований, в результате которого проведены: оптимизация концентраций каждого из выбранных на первом этапе реагентов и

исследования влияния очередности совмещения исходных реагентов на процесс приготовления суспензии.

На этапе масштабирования результатов лабораторных исследований определено лабораторное оборудование для точного масштабирования полученных результатов на производственное оборудование. При подборе промышленного оборудования учитывали физические свойства смеси (плотность, вязкость, тиксотропность); соотношения геометрических параметров фрезы и емкости дисольвера; длительность диспергирования и т.д.

**Производство опытных партий.** В феврале 2024 года на производственном оборудовании ОАО «Лакокраска», г. Лида, произведено 5 опытных партий суспензионного гелеобразователя на основе ПАА марки SGP BN-1 общей массой более 13 тонн. **Опытно-промышленные испытания (ОПИ).** На данном этапе разработана программа «Опытно-промышленных работ на апробирование опытной партии суспензионного ПАА (марки SGP BN-1) в качестве гелеобразователя для жидкости разрыва при проведении ГРП»; определены объекты проведения ОПИ (нефтяные скважины Речицкого месторождения).

В результате проведенных ОПИ (февраль - май 2024 г) установлено, что разработанный импортозамещающий продукт (суспензионный ПАА марки SGP BN-1) по своим физико-химическим свойствам не уступает зарубежным аналогам, закупаемым ранее для процессов ГРП, а по некоторым ключевым характеристикам (седиментационная стабильность, вязкость товарной формы, реологические характеристики ЖР и д.р.) превосходит их.

**Экономическая эффективность.** Анализ стоимости исходных реагентов, услуг по транспортировке и изготовлению опытных партий показал, что стоимость 1 литра суспензионного ПАА марки SGP BN-1 на 39 % ниже стоимости наиболее дешевого аналогичного реагента, закупаемого ранее для реализации технологий высокорасходного МГРП на нефтяных месторождениях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть».

**Заключение.** В результате комплексного подхода на практике реализована цепочка мероприятий от идеи создания собственного импортозамещающего продукта, определения перечня и выбора исходных реагентов, разработки рецептуры и принципиальной схемы производства, до подбора необходимого оборудования, выпуска и внедрения промышленно изготовленных партий нового реагента под белорусским брендом.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю старшему преподавателю Шепелевой Ирине Сергеевне-Цыбранкову Александру Николаевичу- директору БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» и Печерскому Геннадию Геннадьевичу – ведущему научному сотруднику лаборатории ГРП БелНИПИнефть, за консультацию и помощь при подготовке доклада.*

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ БЕЛАРУСИ

Триньков Г.А. (студент, гр. НР-51)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность:** В современном мире цифровая трансформация становится ключевым фактором развития различных отраслей экономики, включая нефтяную промышленность. Она позволяет собирать и анализировать большие объёмы данных, оптимизировать производственные процессы и повышать операционную эффективность. Использование искусственного интеллекта, машинного обучения и предиктивной аналитики помогает снижать затраты, увеличивать производство и повышать безопасность.

**Цель работы:** Исследовать перспективы цифровизации предприятий и определить её влияние на инвестиционную деятельность.

**Результаты исследования:** Интеллектуальная система управления разработкой месторождений углеводородного сырья представляет себя систему, в которой выработка и реализация управляющих воздействий на процесс извлечения из продуктивного пласта и подготовки к транспортировке добываемой продукции, осуществляется с использованием элементов интеллектуальной поддержки принимаемых технологических решений и оценки возможных рисков [1].

Необходимость создания интеллектуальной системы управления разработкой месторождений углеводородного сырья была определена при учете следующих обстоятельств [1]:

1. Возрастание неопределенностей и связанных с ними рисков природного и рыночного характера и рисков, обусловленных человеческим фактором.

2. Появление новых, инновационных технологий и техники для добычи углеводородного сырья, а также систем обеспечения всестороннего мониторинга разработки нефтегазовых месторождений.

3. Существенный рост объемов геолого-промысловой информации и применение разнотипных программно-аппаратных комплексов для ее сбора, передачи, обработки, анализа и хранения.

В РУП «ПО «Белоруснефть»» для достижения результатов в геологоразведочной работе предлагается объединить всех участников на цифровой платформе с централизованным хранением данных, быстрым обменом информацией и оперативным обновлением моделей. Особое внимание уделено внедрению геоинформационной картографической системы, которая позволит быстро находить и визуализировать необходимые материалы. Цифровизация геологоразведки улучшает качество данных, обеспечивая точные, полные и доступные данные, упростит их обработку и интерпретацию [2]/

Цифровизация процессов бурения даст возможность планировать все виды ресурсов – время, буровые бригады, материально-техническое обеспечение, капитальные вложения – в едином интегрированном плане. Автоматизация позволяет выполнить их балансировку и оптимизацию, создавать несколько версий производственной программы строительства скважин и выбирать наиболее эффективную.

Второй важный аспект – можно провести мгновенную корректировку производственной программы в процессе ее реализации, если произошли существенные изменения и получена новая информация о результатах бурения. Можно рассчитать несколько вариантов производственных программ по принципу «Что, если?» и принять самую эффективную. Благодаря автоматизации такой выбор можно выполнять в течение года многократно, что позволяет реализовать метод последовательных улучшений. Это в конечном итоге повышает эффективность работ по строительству скважин. Строительство скважин – ключевой и весомый компонент добычной цепочки как в технологическом плане, так и в плане объема инвестиций [2].

Об актуальности цифровизации и ее трансформации в нефтегазовой отрасли свидетельствует как общемировая ситуация, связанная с изменением цен на нефть, так и необходимость разработки трудноизвлекаемых запасов нефти в условиях исчерпания эксплуатируемых месторождений.

Главные цели трансформации геологоразведочного направления РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» – повышение эффективности геологоразведочных работ, сокращение сроков и затрат на их реализацию. Один из ключевых шагов – разработка цифровой платформы. Она будет включать в себя планирование и контроль полевых и камеральных сейсморазведочных работ, формирование портфелей поисково-разведочного бурения и перспективных объектов, а также создание единой системы хранения геолого-геофизической информации по Припятскому прогибу.

**Заключение:** Цифровизация нефтяной промышленности представляет собой значительный шаг вперед в развитии отрасли, приносящий многочисленные преимущества, включая повышение эффективности, снижение затрат и улучшение экологической устойчивости. Использование таких технологий, как Интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные и блокчейн, позволяет белорусской нефтяным компаниям оптимизировать процессы, улучшить управление ресурсами и предсказывать потенциальные проблемы до их возникновения.

### **Литература**

1. Зайцев Е. К. Комплексная стратегия повышения энергоэффективности и энергопотребления на предприятиях РУП "ПО" Белоруснефть" //Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2021. – №. 9. – С. 52-58.
2. Величко Л. Нефть в цифровом ландшафте. / Нефтяник полесья. – 2024. –№ 2. – С.42-53

# АНАЛИЗ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ НА БМЗ

**Трусов Н.И.** (студент гр. ЗТМ-41с)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухого,*

*г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Утилизация и вторичное использование металлоотходов (рециклинг). Поиск новых экономичных и эффективных способов и оборудования для переработки и возврата в производство металлоотходов: стружки, металлургической пыли, окалины, обрезков проволоки и т. п., в первую очередь вызван удорожанием энергоресурсов и шихтовых материалов, ужесточение природоохранных нормативов.

**Цель работы.** Провести анализ прогрессивных технологий рециклинг металлосодержащих отходов производства на БМЗ с целью снижения материало- и энергоёмкости продукции.

**Анализ полученных результатов.** По ориентировочным оценкам на металлургических предприятиях Беларуси ежегодно образуется около 250 тыс. т металлоотходов, в отвалах нашей страны на сегодняшний день накоплено не менее 8-10 млн тонн различных, в большей мере сильно окисленных металлоотходов.

В то же время очевидно, что металлоотходы - это потенциальная прибыль, которая представляет собой ценное металлургическое сырьё, содержащее основного металла до 75-90 %. Остается научиться это сырьё экономически выгодно перерабатывать.

Более приемлемым вариантом может служить переплавка (растворение) стружки в печах промышленной частоты на «болоте». Однако основными недостатками этого способа является ограничение по количеству применяемой в шихте стружки, доля которой не должна превышать ~ 20 %. К тому же стружка должна быть предварительно подготовлена: очищена и подогрета.

Следующим вариантом решения проблемы утилизации металлической и чугуновой стружки можно считать ее предварительное прессование в брикеты с габаритами 100-200 мм. В этом направлении на протяжении уже нескольких десятилетий ведутся широкомасштабные работы. Брикетирование неочищенной стружки определенного химсостава при высоком удельном давлении (плотность брикета составляет 6,0-6,5 т/м<sup>3</sup>) создает благоприятные условия для переплавки ее в электропечах. Однако на большинстве предприятий эти условия не выдерживаются и не могут быть обеспечены в силу специфики технологии образования стружки. Введение науглероживателей и связующих добавок также не решает проблемы, так как

в традиционных печах отсутствуют условия для восстановления оксидов, да еще и в брикетах, имеющих размеры 100-200 мм.

Горячее брикетирование значительно улучшает качество брикетов, но в свою очередь удорожает продукцию, что делает выпуск брикетов этим способом, с экономической точки зрения, невыгодным. И все же по качеству они не могут превосходить плотную шихту стабильного химсостава. Решением проблемы утилизации металлоотходов может служить разработка координально новых технологий и агрегатов. В этом направлении уже ведутся работы, внедрены и успешно запущены ротационные качающиеся печи (РКП) на нескольких отечественных предприятиях, таких как РУП ГЛЗ «Центролит» и РУП БМЗ.

РУП БМЗ использует РКП в несколько другом направлении. На заводе осваивается технология получения жидкого металла из окалины. Был проведен ряд пробных плавов.

Достижению столь высоких температур, позволяющих плавить не только чугун, но и сталь, способствует конструкция печи. В ней газы движутся по петлеобразной траектории, что позволяет эффективнее использовать тепло за счет более длительного пребывания внутри печи и контакта с большей поверхностью металла. Но главным и основным фактором получения высоких температур (1250-1800 °С) является наличие в печи газовой горелки с возможностью обогащенного дутья. Кислородное дутье можно использовать как в комплексе с газовой подачей с долей кислорода 20-25 %, так и раздельно. Таким образом, достигается высокая температура при уменьшении расхода основного топлива - газа.

Таким образом задача получения чугуна из стружки в РКП становится вполне решаемой. Интерес в решении поставленной задачи заключается не только в утилизации металлоотходов, но и в экономическом эффекте. В его основе лежит конструкция печи, использование дешевых шихтовых материалов и топливо, используемое для печи. Например, электропечи более требовательны к используемой шихте и работают на дорогом по отношению к газу виду энергии. Для сравнения, стоимость единицы тепла, полученной при сжигании газа в 10 раз дешевле, чем такое же количество тепла, полученное при использовании электроэнергии.

**Заключение.** В заключении можно отметить, что внедрение и использование ротационных качающихся печей в металлургической промышленности можно рассматривать как весьма перспективное и новое направление в области обработки и переработки металлоотходов.

*Выражаю признательность научному руководителю, доценту Царенко И.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Комаров О. С. Проблемы переработки отходов электролизных и травильных производств //Литьё и металлургия. – 2011. – №. 1 (59). – С. 49-51.

## УМЕНЬШЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В ПРОЦЕССЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ

Тэнц П.А. (студент, гр. НР-51)

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

**Актуальность.** Развитие нефтегазобобывающих комплексов влечет за собой усиление антропогенного воздействия на окружающую среду, которое приводит к деградации и ухудшению её состояния. В основе оценки нефтедобывающих объектов на окружающую среду лежат следующие виды разрушений и загрязнений: литосферное разрушение - изменение ландшафта, т.е. появление провалов, карьеров, уплотнение почвенного покрова; гидродинамические - наводнение рельефа отработанными промышленными водами, загрязнение грунтовых вод и т.п.; биоморфологические - изменение видового состава растительных и животных сообществ, снижение продуктивности экосистемы др. Антропогенная трансформация литосферы во время бурения – одна из основных и серьезных проблем, требующая планирования и оперативного вмешательства современных технологий бурения и более щадящих буровых растворов [1].

**Цель работы** – анализ метода горизонтального бурения, как мероприятия для уменьшения антропогенной трансформации литосферы.

**Анализ полученных результатов.** Горизонтальное бурение является эффективным методом добычи нефти и газа, однако оно может привести к значительной антропогенной трансформации литосферы [2].

Благодаря существующим сегодня современным технологиям, ствол скважины может иметь сложные, даже трехмерные формы, а управлять процессом бурения можно любым наиболее приемлемым способом. Горизонтальные скважины стали бурить гораздо позднее, и их появление позволило одновременно увеличить продуктивность одиночных скважин и снизить операционные расходы на разработку отдельно взятого месторождения, а также снизить негативное влияние на окружающую среду.

Меньше скважин, к тому же расположенных на большом расстоянии от экологически уязвимых и охраняемых территорий, приводит к значительному сокращению объемов инфраструктуры, необходимой для разработки и обеспечения эксплуатации месторождения, например, буровых площадок, подъездных дорог, стоянок, транспортных средств [3].

Существует несколько видов воздействия на почвенный покров при строительстве скважин:

- прямое воздействие, заключающееся в "отчуждении земель" под проектируемые объекты;
- механическое воздействие, связанное с вертикальной перепланировкой рельефа, перемещением грунтов;

- химическое воздействие на почвы.

Рассмотрим стратегии для уменьшения этого воздействия:

**Планирование и проектирование.** Нужно использовать технологии с уменьшенным воздействием на окружающую среду, такой как системы с малым радиусом изгиба. Периодически проводить тщательную оценку геологических условий, чтобы избежать областей с чувствительными экосистемами или хрупкими геологическими образованиями.

**Бурение.** Использование буровых растворов с низким содержанием твердых частиц для снижения образования шлама. Применение технологии направленного бурения для точного контроля траектории скважины. Оптимизация буровых параметров для минимизации вибрации и шума.

**Управление отходами.** Использование систем рециркуляции и очистки буровых растворов для повторного использования, а также удаление отходов в соответствии с экологическими нормами [4].

**Восстановление.** Засыпка и выравнивание участков бурения после завершения работ. Мониторинг участков для выявления любых остаточных воздействий и принятие мер по их устранению. Восстановление растительности и почвенного покрова.

**Интегрированное управление.** Постоянный мониторинг, координация деятельности с регулирующими органами.

**Заключение.** Метод горизонтального бурения позволяет значительно сократить антропогенную трансформацию литосферы за счет: правильного использования современных технологий, использования щадящих буровых растворов, правильному распределению отходов, восстановлению земель, а также постоянному мониторингу. В целом, комплексный подход к вопросам экологии в процессе бурения является залогом устойчивого развития и сохранения природного баланса.

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

### **Литература**

1. Козырева, С. В. Отраслевая экология : пособие. - Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2018. – 159 с.
2. Ющенко И. С. Анализ разработки Южно-Осташковичского месторождения нефти //Вестник Пермского университета. Геология. – 2024. – Т. 23. – №. 1. – С. 93-99.
3. Деряев А. Р. Современное состояние изученности бурения направленных и многозабойных скважин с раздельной эксплуатацией одновременно нескольких горизонтов (зарубежный опыт) //Академическая наука на службе обществу. – 2022. – С. 170-178.
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. – Гомель : ГГТУ имени П. О. Сухого, 2023. – С. 110–113.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОНТАЖНОГО КОРПУСА ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Фоменок М.Н.** (аспирант)

*Белорусский государственный технический университет имени П.О. Сухого  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Конструирование гидравлических узлов ориентированы преимущественно на конструктивное устройство элементной базы и носят не системный характер [1,2]. Предпринятые попытки разработать унифицированные модели гидравлических узлов, привели к созданию гаммы модульной гидроаппаратуры, системы продольного монтажа и унифицированных функциональных блоков вертикального монтажа [3,4]. С учетом изложенного разработка методов создания и моделей структуры монтажного корпуса гидроблоков, изготовление в процессе их проектирования является актуальной задачей. Введение в структуру гидравлического узла подсистем обеспечения агрегатирования и унификации, предполагает ее гибкость. т.е. способность к перестройке. Изменение структуры при ее синтезе и анализе требует использование оптимизационных методов и итеративных процедур выбора рациональных вариантов структуры системы.

**Цель работы** – разработать метод создания и модель структуры монтажного корпуса гидроблоков управления приводов технологического оборудования.

**Методика выполнения работы.** Вначале разрабатываются математические модели, отражающие схемные и компоновочные решения постановочных задач элементарных схем, что позволит выполнить исследования динамики изменения показателей качества гидравлического узла на имеющиеся конструкции, а так же произвести оценку, абстрагируясь от гидросхем, влияния порядка расположения гидроаппаратов на эти показатели. Далее определяется оптимальная компоновка гидроузла, устанавливающей расположение гидроаппаратов на монтажном корпусе; качество функционирования монтажного корпуса гидроблоков управления приводов технологического оборудования при формировании заданных функциональных характеристик; сокращается количество подлежащих анализу вариантов технических решений гидроблоков управления и тем самым упрощение процесса их проектирования позволяет ограничить и усреднить отдельные его показатели и параметры путем классификации гидроприводов.

**Анализ полученных результатов.** При модернизации гидравлического узла, были спроектированы длины каналов и размеры стенок между смежными каналами корпуса, которые позволяют облегчить изготовление гидравлического узла, уменьшает металлоёмкость, а так же снижает

себестоимость изготовления. В связи с корректировкой каналов давление уменьшается, что позволяет уменьшить количество жидкости.

Учитывая конструктивную форму присоединительных плоскостей гидроаппаратов в пространстве улучшение будет в том случае, если они будут расположены концентрично вокруг сквозных магистральных каналов подвода и слива рабочей жидкости, а с увеличением их количества, определяемого принципиальной гидросхемой, расположение их будет образовывать спираль вокруг указанных каналов. Взаимодействие элементов гидроузла определяется связями, которые соединяют элементы (гидроаппараты и монтажные корпуса) и признаки (занимаемый объем и масса/

Так же установлено что, взаимодействие между элементами или подсистемами происходит по отдельным признакам. Конкретная связь может быть осуществлена только по одноименным признакам. Между средствами (системами, подсистемами, элементами) существует связь, если: 1) они характеризуются хотя бы одним одинаковым признаком; 2) признаки имеют одинаковое значение (если изменение признака одного элемента приводит к изменению другого).

**Заключение.** В результате установлено, что для выполнения параметрической оптимизации гидроблоков управления в расчетную модель оптимизации гидроблоков управления должны быть включены: объем гидроблоков и его масса, гидравлические потери давления гидроблоков управления всистема, трудоемкость и стоимость изготовления, а так же приняты ограничения (количество подлежащих уплотнению отверстий). Таким образом, можно утверждать, что оптимальная компоновка гидравлического узла достигается в случае расположения гидроаппаратов на монтажном корпусе модульного исполнения, имеющем сквозные магистральные каналы подвода и слива рабочей жидкости, форма которого позволяет установить в одном горизонтальном уровне четыре гидроаппарата. Процесс разработки сборочных чертежей гидравлического узла существенно упрощается.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю доктору технических наук, профессору Пинчуку В.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Пинчук В.В. Способы монтажа гидроблоков управления/ В.В. Пинчук. – Вестник БНТУ. 2004. – № 5. – С. 47–50.
2. Путято А.В. Совершенствование элементов конструкций вагона-цистерны с учетом взаимодействия с перевозимым жидким грузом/ А.В. Путято. – Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2010. № 1. – С.113–122.
3. Альтшуль, А. Д. Гидравлические сопротивления / А. Д. Альтшуль. – Москва : Недра, 1976. – 215 с.

# ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КАВИТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКСИАЛЬНО- ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ С ТОРЦЕВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЖИДКОСТИ

Хоменок Я.А. (студент, гр. ГА-41)

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

**Актуальность.** К актуальной проблеме современного гидропривода большой мощности относятся проблемы, связанные с кавитацией при работе аксиально-поршневых насосов, работающих при больших давлениях. Анализ возникновения кавитации в аксиально-поршневых насосах, определение факторов, влияющие на возникновение кавитации является актуальным вопросом проектирования объемных насосов.

**Цель работы** – определение механизма возникновения кавитации в аксиально-поршневом насосе высокого давления с целью минимизации возникновения данного явления в процессе проектирования.

**Анализ полученных результатов.** В практике машиностроения наблюдается устойчивая тенденция перехода гидропривода на высокие рабочие давления, и, следовательно, применение насосов высокого давления, в том числе и аксиально-поршневых [1]. Данное обстоятельство повышает требования к конструкциям насосов, чистоте обработки и принятию правильных проектировочных решений.

В большинстве конструкций аксиально-поршневых насосов применяется торцевое распределение [2] (рисунок 1).



Рис. 1. Конструкция аксиально-поршневого насоса с торцевым распределением жидкости

Основное преимущество используемой формы нагнетательного канала — сравнительно простая технология изготовления, однако есть недостаток, заключающийся в резком изменении площади проходного сечения канала в блоке цилиндров, что приводит к резкому увеличению скорости

прохождения жидкости по каналам распределения и снижению давления ниже допустимого по условию отсутствия кавитации.

При работе аксиально-поршневых насосов возникает кавитационное разрушение поверхностей распределительной пары, что сопровождается недопустимым падением подачи за время работы от 20 мин до 1 ч [3].

Кроме того, режимы работы насоса, при которых происходит кавитация, сопровождаются повышенным шумом, снижением подачи, интенсивными колебаниями давления. Кавитационные колебания давления являются одной из причин разгерметизации гидравлической системы.

Критическим сечением во входной магистрали насоса с точки зрения возникновения кавитации является вход в окно цилиндра. Давление в этом сечении зависит от потерь при всасывании жидкости и дополнительно снижается в результате сжатия потока и гидравлического сопротивления и может снизиться до критической величины (давление порога кавитации).

Достаточность запаса энергии на входе в насос для обеспечения безкавитационного режима работы определяется по значению кавитационного запаса насоса.

При проектировании аксиально-поршневого насоса типа 411.0.107 определены геометрические размеры основных деталей, в том числе торцевого распределителя, произведен анализ работы гидромашины и определены кавитационные характеристики с учетом вида рабочей жидкости и давления насыщенных паров при максимально возможной температуре эксплуатации: давление на входе, скорость потока рабочей жидкости в распределительных каналах насоса, кавитационный запас, обеспечивающий безкавитационную работу аксиально-поршневого насоса данного типа.

**Заключение.** Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что для проектируемого аксиально-поршневого насоса типа 411.0.107 геометрия распределительного узла обеспечивает отсутствие кавитации для заданных условий эксплуатации.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Андрееву Юлии Ахатовне, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### **Литература**

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. 1.
2. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем – 1974.
3. Кавитация в жидкостных системах воздушных судов / М. М. Глазков, В. Г. Ланецкий, Н. Г. Макаренко, И. П. Челюканов. – К., 1987. – 82 с.

## ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Шатило К.С., Акунец Е.Г. (студенты, гр. ТМ-41)

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

**Актуальность.** На сегодняшний момент приоритетной задачей в машиностроении является повышение прочности, надежности и износостойкости деталей машин. Одним из способов решения этой задачи является применение различных технологий упрочнения изделий, таких как лазерное упрочнение. Лазерное упрочнение и легирование – методы, известные в борьбе с поверхностным разрушением деталей машиностроения (усталостным разрушением, абразивным износом, эрозией, коррозией, кавитационным износом и др.).

**Цель работы** – проведение обзора новейших исследований и разработок, в основе которых лежит упрочнение деталей машин с помощью лазеров.

**Анализ полученных результатов.** В настоящее время лазерная обработка используется для повышения прочностных характеристик различных материалов, в том числе и углеродистых сталей. Ее преимуществами являются высокая скорость нагрева и охлаждения, точность и качество обработки, но для достижения большего эффекта целесообразно применять комбинированные способы упрочнения [1].

Сущность процесса заключается в локальном нагреве участка поверхности детали до сверхкритических температур лазерным излучением. После прекращения действия излучения этот участок охлаждается в результате теплоотвода энергии во внутренние слои металла. Нагрев может осуществляться как с оплавлением, так и без оплавления поверхности металла. Основная цель лазерного упрочнения – повышение твердости и износостойкости поверхности детали [2]. Весомые преимущества лазерной обработки по сравнению с традиционными методами термической обработки материалов – это отсутствие дополнительных операций отпуска. Отпуск снимает внутренние напряжения, но при этом снижает твердость обработанного слоя. Например, в результате нагрева выше температуры плавления нормализованной стали 45 (рисунок 1), по экспериментальным данным наблюдаются следующие результаты: в верхнем слое глубиной 20... 25 мкм наблюдается полное растворение ферритной сетки. Микротвердость в этой зоне 7500...8200 МПа. Ниже следует зона закалки из твердого состояния с микротвердостью 7200...8500 МПа. На месте бывших перлитных зерен образуется мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита. Глубина зоны термического влияния составляет 0,55...0,60 мм при ширине зоны 9,8 мм. Микротвердость ферритных зерен составляет 2800–3500 МПа при исходной твердости феррита 980...1100 МПа.

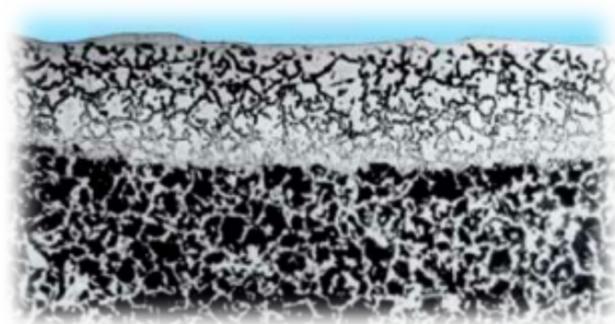


Рисунок 1 – Микрошлиф стали 45, упрочненной сканирующим лазерным лучом

Повышение микротвердости связано с фазовым наклепом. При закалке сталей, прошедших закалку и отпуск после лазерного упрочнения, за вторым слоем следует третий – зона отпуска. Данная технология применяется для упрочнения клапанов, колец, подшипников в автомобилестроении и упрочнении металлорежущего инструмента. Применяются лазеры мощностью от 10...100 Вт до 2 кВт [2].

Лазерный способ термоупрочнения имеет довольно большие перспективы в промышленности, так как обладает значительным повышением твердости, высокой производительностью, точностью, относительно малым затраченным временем на упрочнение, и возможностью упрочнять не полностью деталь, а ее отдельные части.

**Заключение.** Проведенный анализ показывает, что лазерный метод упрочнения деталей машин имеет большие перспективы для улучшения.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю старшему преподавателю Демиденко Евгению Николаевичу за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Технология лазерного микролегирования углеродистых сталей для упрочнения деталей сельскохозяйственных машин / А. Г. Пастухов, О. А. Шарая, А. Г. Минасян, Н. В. Водолазская // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы.* – 2016. – № 2(10). – С. 34-46.

2. 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.* – 2024. – № 3 (98). – С. 28–37. <https://doi.org/10.62595/1819-5245-2024-3-28-37>

## **БЕСПИЛОТНАЯ ВИБРОПЛИТА: ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ В РОБОТОТЕХНИКЕ**

**Шевардов И.Л. (студент гр.ЗТМ-42с)**

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

**Актуальность** .Беспилотные технологии активно внедряются в строительные рынки, и виброплиты не стали исключением. Современная беспилотная виброплита с двигателем ММЗ-3ЛДГ.1, произведенная в Беларуси, и система навигации на основе российского лидара устанавливает новый стандарт качества, точности и безопасности в работе с грунтом.

**Цель работы.** Проанализировать перспективность применения в Беларуси и странах СНГ беспилотной виброплиты.

### **Анализ полученных результатов**

К основным элементам рассматриваемой виброплиты относятся:

Двигатель ММЗ-3ЛДГ.1 — это высоконадежный и мощный дизельный агрегат, разработанный для работы в сложных условиях. Он отличается по конструкции и устойчивостью к нагрузкам, что делает его предпочтительным выбором.

Российский лидар – система навигации

Установленная на виброплите система российского лидара обеспечивает точное определение местоположения. Лидар анализирует данные о ландшафте в первый момент, что позволяет машине пройти по заданному маршруту без отклонений. Камеры и дополнительные датчики обеспечивают еще большую точность, обеспечивая высокое качество уплотнения на любых участках.

Удаленное управление

Оператор управления виброплитой удаленно из операторского помещения с помощью системы камер и дисплеев. Это дает ему полный обзор происходящего и позволяет контролировать каждое движение машины с безопасного расстояния. Удаленное управление позволяет оператору корректировать работу машины в процессе, если это необходимо.

Синхронизация и управление несколькими машинами

Благодаря системе удаленного управления оператор может одновременно контролировать до шести виброплит. Это решение оптимизирует использование техники, повышает производительность и позволяет выполнять большие объемы работ быстрее и с меньшими затратами.

Преимущества беспилотной виброплиты - высокая точность и качество уплотнения грунта . Система лидара и камеры позволяет виброплите перемещаться точно по маршруту, что обеспечивает равномерное и качественное уплотнение грунта. Точность управления значительно снижает риски ошибок и необходимость повторного уплотнения грунта. Также к преимуществам относятся повышение производительности К тому же эта

технология дает возможность управлять сразу несколькими виброплитами одновременно позволяет выполнять большие объемы работ в сжатые сроки. Это сокращает время реализации проекта.

Так как один оператор может управлять шестью машинами, снижается потребность в большом количестве производителей на объекте. Это особенно выгодно в условиях, где доступ к квалифицированным кадрам ограничен. Удаленное управление не требует нахождения оператора рядом с оборудованием. Это снижает риск травм и позволяет соблюдать более строгие нормы безопасности, особенно в сложных условиях.



Рисунок 1 – Беспилотная виброплита  
(<https://www.monlan.by/vibroplityi-na-distanczionnom-upravlenii/>)

**Заключение** Беспилотная виброплита с двигателем ММЗ-3ЛДГ.1 и системой лидара является современной и позволяет вывести работы по уплотнению грунта на новый уровень. А также из-за своих компонентов и двигателя будет востребована в странах СНГ. Высокая точность, повышение производительности и сокращение рабочей силы делают ее ценным ресурсом для строительных компаний, стремящихся к инновациям и эффективности.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Царенко И.В. доцент, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

# АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАЛОЙ ТУРБИНЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МАСЛЯНОЙ СТАНЦИИ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Юй Янян (аспирант)

*Чжэцзянская нефтехимическая компания с ограниченной  
ответственностью, Китай*

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

**Введение.** Нефтехимическая компания построила новую установку гидрокрекинга дизельного топлива производительностью 3,5 млн тонн/год и центробежную компрессорную установку для основного оборудования. Центробежная установка включает в себя центрифугу, паровую турбину, систему конденсации, систему смазочного масла и т.д., из которых система смазочного масла включает бак смазочного масла, масляный насос, трубопровод, резервуар масла высокого уровня и соответствующее контрольно-измерительное оборудование, и т. д., система обеспечивает стабильное и стабильное смазочное масло для центрифуг и паровых турбин, а также есть два насоса для смазочного масла, небольшая паровая турбина и винтовой насос. Малая паровая турбина маслостанции является не только энергосберегающим оборудованием, но и одним из ключевых устройств центробежной установки, а стабильная работа малой паровой турбины напрямую влияет на безопасность эксплуатации центрифуги.

**Цель работы** — проанализировать проблемы и анализ работы малой паровой турбины за последние 2 года, а также её техническое преобразование, чтобы заложить фундамент и обеспечить основу для стабильной работы малой паровой турбины на более поздней стадии.

**Результаты работы.** Малая паровая турбина масляной станции подает на центробежную установку около 64 м<sup>3</sup> масла в час, при этом основные параметры малой паровой турбины масляной станции приведены в таблице 1.

Таблица 1 Основные параметры малых турбин на нефтяных станциях

Проекты	Численность
Производитель	SIEMENS
Технические характеристики и мощность турбины (KW)	503T
Давление паров на	77
Температура пара (°C)	1.4
Давление пара на	320
скорость вращения	0.6
Использовать диапазон	1450
	85-105

После запуска устройства, с конца 2021 года, произошел сбой скачка скорости, вызванный заклиниванием штанги регулировки скорости малого

парового двигателя, и после анализа было подтверждено, что причина была вызвана заклиниванием стержня регулировки скорости малого парового двигателя и чрезмерной разницей давлений между входом и выходом. В то же время небольшая система парового уплотнения турбины часто протекает, что создает большие скрытые опасности для бесперебойной работы агрегата.

С помощью анализа выяснилось, что причины утечки малой паровой турбины нефтяной станции следующие: изношено или повреждено карбоновое кольцо, поврежден вал, угольное кольцо отложено нагаром или грязью, угольное кольцо зафиксировано, угольное кольцо сломано, поверхность пластины сепаратора загрязнена, изношены зубья гребня лабиринтного уплотнения, а давление выхлопных газов большое.

**Предложения и рекомендации.** Рабочее состояние малой паровой турбины напрямую влияет на стабильность работы и безопасность эксплуатации центробежного агрегата, а нестабильная работа системы регулирования частоты вращения малой паровой турбины встречается чаще, а нестабильное явление системы регулирования скорости малой паровой турбины должно решаться с помощью многих факторов, таких как защита компонентов, устранение внешних факторов и разумная регулировка крутящего момента стержня регулирования скорости. Необходимо хорошо поработать над смазкой ключевых деталей, разумно отрегулировать разницу давлений между входом и выходом небольшого парового двигателя, а также соответствующим образом отрегулировать крутящий момент рычага регулировки скорости, если это необходимо, чтобы избежать проблемы дрожания рычага регулировки скорости.

**Благодарность.** Автор благодарит компанию *Zhejiang Petrochemical Co., Ltd.* за поддержку исследования и научного руководителя д.т.н., профессора *Невзорову А.Б.* за консультации при написании данной работы.

### **Литература**

1. Ли Цзянь. Анализ и процесс обработки аномальных явлений висячих ворот малой паровой турбины / *Nenan Electric Power.* – 2021. – № 28(15). – С. 125–127.
2. Янъян, Ю. Применение технологии мониторинга состояния при диагностике неисправностей центробежного компрессора BCL527/A / Ю. Янъян, А. Б. Невзорова, Г. В. Петришин // *Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого* : научно-практический журнал. – 2022. – № 3. – С. 5–12.
3. Юй Янъян, Невзорова А.Б., Петришин Г.В. 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. Анализ нарушения герметичности и системной перестройки механического уплотнения питательного насоса высокого давления установки гидрокрекинга/ *Liaonig Chemicfl Indu.* – т.52, № 10. – С.0935–1004.

# ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Якимчик Т.С. (аспирант)**

*Белорусский государственный университет транспорта,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Компьютерное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния востребовано во многих технических сферах [1]. Для сравнения результатов работы бетонного и железобетонного куба понадобится ANSYS MECHANICAL APDL.

**Цель работы** – произвести сравнение прочностных характеристик бетонного образца и армированного в форме куба при помощи компьютерного моделирования.

Под бетоном понимают искусственный композитный строительный материал, состоящий одновременно из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной.

Прочность и деформативность бетона зависят от его структуры. При затвердении бетонной смеси начинается химическая реакция с водой – гидратация. В результате образуется студенистое вещество в виде геля, состоящее из соединений частиц цемента и кристаллов, не вступивших в реакцию. В процессе перемешивания гель обволакивает зерна заполнителей. С течением времени материал твердеет, кристаллы объединяются в кристаллический сросток, скрепляющий зерна заполнителя.

В таком неоднородном теле внешняя нагрузка создает сложное напряженное состояние. Поэтому судить о прочности и деформативности бетона можно на основании экспериментальных данных, выполненных в лаборатории, а также эту задачу можно реализовать с помощью ANSYS MECHANICAL APDL.

Прочность бетона на сжатие нормального веса определяется как максимальное сжимающее напряжение в бетоне при одноосном напряженном состоянии. Испытывают стандартные образцы в виде кубов согласно СП 5.03.01–2020. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования.

Куб создается при помощи Main Menu. Он сплошной, поэтому тип элемента Element Type – Structural Mass – Solid, Brick8 node 185. Элемент Solid 185 является элементом текущего поколения, пригодным для решения огромного количества разнообразных задач. В числе прочего его также можно использовать и для моделирования железобетонных конструкций. Данный элемент поддерживает подавляющее большинство моделей материалов, включая некоторые модели поведения бетона, такие как Drucker-Prager concrete, Microplane, Jointed rock, Mohr-Coulomb и другие.

Закрепить нижнюю грань куба и имитировать пресс путем прикладывания сжимающей нагрузки на верхнюю грань образца, равную  $10000000 \text{ Па}$  (Value). Далее запускаем расчет в Main Menu-Solution-Solve-Current LS и получаем результат.

Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу (Main Menu-General PostprocPlot results-Nodal Solu-Stress-von Mises stress с опцией deformed shape and undeformed edge) достигают  $10,2 \text{ МПа}$ .

При этом образец деформируется. Максимальное значение деформаций  $0,729 \cdot 10^{-5} \text{ м}$  или  $0,0729 \text{ мм}$ . Нормальные напряжения (вдоль оси Y) достигают  $9,66 \text{ МПа}$ . На куб прикладывается сжимающее воздействие – появляется знак минус. Аналогичную работу проделываем с армированным образцом.

Подытоживая проделанную работу можно сделать следующие выводы:

- эквивалентные напряжения по Мизесу в бетоне снизились на  $7,8\%$ , при этом максимальные значения этих напряжений возникают в стальной арматуре, обладающей гораздо большей величиной запаса прочности;
- нормальные напряжения в армированном бетонном образце снизились на  $50,6\%$  (рисунок 1) по сравнению с монолитным кубом;
- деформации уменьшились на  $3\%$  при использовании арматуры;
- преимущество железобетонного куба перед монолитным является его повышенная прочность, что подтверждают результаты исследования в ANSYS MECHANICAL APDL.

В **заключении**, хотелось бы обратить внимание, что результаты компьютерного моделирования подтверждают, что армирование позволяет снизить напряжения в бетоне и вероятность образования трещин уменьшается.

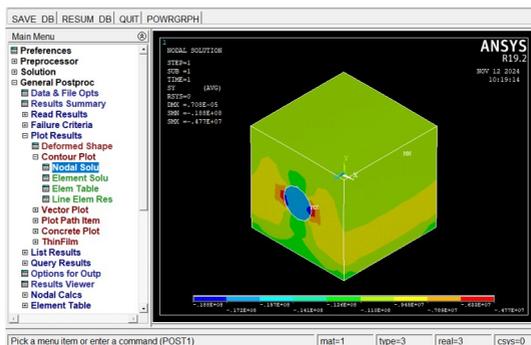


Рисунок 1 – Распределение нормальных напряжений в армированном бетонном образце

## Литература

1. 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 ПРИМЕНЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА “POLYSOLT” ПРИ БУРЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Яночкин В.Н. (студент, гр. НР-31)

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

**Актуальность.** Успешная проводка и заканчивание скважин в значительной степени зависят от правильного выбора конструкции, обеспечивающей разделение зон, характеризующихся несовместимыми условиями бурения, различными режимами бурения с соответствующими буровыми растворами.

Буровой раствор подбирают таким образом, чтобы обеспечить условия очистки скважины в разных интервалах бурения, уменьшать трение инструмента о стенки скважины, удерживать стенки скважины от обрушения, охлаждать и создавать гидравлическую мощность на долоте, создавать гидростатическое давление на породы при отсутствии циркуляции, что в свою очередь предотвращает возникновение НГВП [1].

**Цель работы.** Оценка применения бурового раствора “POLYSOLT” при бурении эксплуатационной колонны.

**Анализ полученных данных.** При строительстве скважины № 74 Северо-Домановичского месторождения нефти в различных интервалах используются различные буровые растворы с целью уменьшения сальникообразования; минимизации осложнений по скважине; предупреждения возможного поглощения бурового раствора за счет кольматации и упрочнения фильтрационной корки; эффективной очистки ствола скважины от шлама.

В качестве бурового раствора для бурения под эксплуатационную колонну (600-2230 м.) с совместным вскрытием надсолевого и солевого комплекса предусматривается использование бурового раствора **Polysolt** (полимерный хлоркалийевый ингибирующий буровой раствор на водной основе).

Данный тип раствора предназначен для: бурения потенциально неустойчивых глинистых отложений; обеспечения максимально высоких механических скоростей бурения; достижения максимального ингибирования гидратации глин.

Основой ингибирующего бурового раствора является ксантановый биополимер, в качестве стабилизатора фильтрации выступает низковязкая полианионная целлюлоза, органическим ингибитором глин является реагент гликолевого ряда, а минеральным ингибитором – хлорид калия (KCl). Из всех существующих ионов, калий наиболее эффективно снижает гидратацию глин, в отличие от традиционного хлорида натрия (NaCl). В результате чего не происходит осыпание стенок скважины, снижается сальникообразование и кавернообразование. Данный эффект достигается в результате обмена ионов калия на ионы натрия и /или кальция на поверхности глинистых пластин.

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

Помимо перечисленных компонентов в состав входят реагенты, образующие слабопроницаемую фильтрационную корку.

Данный раствор способен изменять свои реологические параметры путем засолонения при неизменных функциональных и качественных свойствах, что очень важно в условиях совместного вскрытия пород.

Для сравнения скорости бурения эксплуатационной колонны с применением раствора **Polysolt**, рассмотрим проводку аналогичной секции скважины 68 С-Домановичской, в которой наблюдались осложнения в виде затяжек и посадок бурового инструмента (таблица 2).

Таблица 2

74 С-Домановичская				68 С-Домановичская			
Интервал	Проходка, м	Время, ч	Скорость, м/час	Интервал	Проходка, м	Время, ч	Скорость, м/час
600-2392	1792	77,5	23,1	900-2150	1250	72,17	17,3
				2150-2365	215	17,17	12,5
				2365-2530	165	31,5	5,23
				11,68			

Анализируя проводку скважины №68 С-Домановичская необходимо отметить, что в интервалах 2349-2238, 2090-2078, 2054-2042 наблюдались затяжки бурильного инструмента, что потребовало проведения «расхаживания» и профилактических спуско-подъемных операций. Тем самым увеличивая время механического бурения и, как следствие, уменьшения механической скорости бурения.

**Заключение.** При совместном вскрытии надсолевого и солевого комплекса с использованием бурового раствора Polisolt наблюдалось стабильность ствола скважины (отсутствие кавернообразования), уменьшение сальникообразования надсолевого комплекса, качественная очистка ствола скважины от выбуренной породы, увеличение механической скорости бурения.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю, старшему преподавателю Атвиновской Т.В. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Шемлей, Н. В. Изучение процессов биодеструкции биополимерного бурового раствора и управление его технологическими параметрами / Н. В. Шемлей, Т. В. Атвиновская // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. - 2020. - № 2. - С. 90-97.

## APPLICATIONS 3D PRINTING AND INNOVATIONS IN SMART AGRICULTURE

<sup>1</sup>**Assist. Lect – HIND AYAD MAJEED ALKAKJEA**

*Ministry of Education / General Directorate Vocational Education of IRAQ,  
Kirkuk*

<sup>2</sup>**Assist. Prof.Dr – Ali Ibrahim Lawah**

*Ph.D., Assist. Dr of the Department of “Information Security” Ministry of  
Construction, Housing, Municipalities and Public Works/ Republic of IRAQ*

**Introduction.** Emerging technologies, including 3D printing, have played an important role in improving smart food processing and smart agriculture through tools to reduce waste and enhance efficiency and sustainability. Despite the challenges, they are expected to be a game changer when combined with AI and IoT [1]. Agriculture faces increasing challenges such as population growth and food security, which makes AI technologies important. They help improve irrigation, and weed removal, reduce water and pesticide consumption, and increase crop yields and quality [2]. For practitioners and researchers, it is important and necessary to understand 3D printing in various fields and innovations in smart agriculture.

**Results and discussion.** 3D printing applications improve and increase the efficiency of smart agriculture. In addition, agricultural production increased by 20%. Therefore, it can reduce crop damage and water use by 30-40%. It also helps to reduce employment. Total energy consumption is reduced by approximately. The study uses 3D-printed sensors to collect real-time data. The sensors monitor and track soil conditions, nutrient levels, soil moisture, pH, and temperature. Modern technologies, including artificial intelligence tools, improve irrigation and pest management and enhance real-time monitoring. Robots help farmers with tailored guidance and recommendations.

In response to expansion exponential, Sensors and 3D technologies that support the Internet of Things IOT, such as sensors for smart agriculture sustainability. Developability and integration. As well as, the importance of privacy. And future research on improved green sensing units [3].

Tab 1. Smart agriculture in 3D printing applications, with references, associated performance indicators, and additional commentary. In addition to applications from specialized agricultural machinery to IoT devices, it highlights the diverse ways in which printing has enhanced agricultural practices. Each row gives details about the innovations and benefits that 3D printing contexts produce.

**Conclusion.** In conclusion, smart agriculture in 3D printing and crop processing can enhance human satisfaction and health. It reduces water and energy consumption for agriculture by a high percentage. Personalization of diets also enhances consumer satisfaction and health, and AI and IoT can boost agricultural production by a good percentage. Challenges include high costs and regulatory

compliance issues. However, it is necessary to cooperate to develop 3D printing technologies.

**Table 1.** Performance of 3D printing applications in smart agriculture.

Reference	Application	Performance	Others
[4]	components 3D-printed greenhouse	Special structures optimized for environmental control	
[5]	IoT integrated	Real-time data, and remote monitor	Improved decision making
[6]	Drone crop-based sprayers	Fine spray, reduced chemical	benefits Environmental
[7]	Smart irrigation systems	Water optimization	<b>Increased and precise automation</b>

### References

1. Padhiary, J. A. Barbhuiya, D. Roy, and P. Roy, “3D printing applications in smart farming and food processing,” *Smart Agric. Technol.*, vol. 9, no. July, p. 100553, 2024, doi: 10.1016/j.atech.2024.100553.
2. P. Uppar and G. Raddy, “A Review on Artificial Intelligence and Robots in Agriculture,” *Mysore J. of Agric. Science*, vol. 3, no. September, pp. 1–25, 2022.
3. M. Ataei Kachouei, A. Kaushik, and M. A. Ali, “Internet of Things-Enabled Food and Plant Sensors to Empower Sustainability,” *Adv. Intell. Syst.*, vol. 5, no. 12, 2023, doi: 10.1002/aisy.202300321.
4. C. Maraveas, D. Loukatos, T. Bartzanas, K. G. Arvanitis, and J. F. Uijterwaal, “Smart and Solar Greenhouse Covers: Recent Developments and Future Perspectives,” *Front. Energy Res.*, vol. 9, no. November, pp. 1–23, 2021, doi: 10.3389/fenrg.2021.783587.
5. Y. Sun *et al.*, “Application of 3D Printing Technology in Sensor Development for Water Quality Monitoring,” *Sensors*, vol. 23, no. 5, pp. 1–15, 2023, doi: 10.3390/s23052366.
6. A. Balayan, R. Mallick, S. Dwivedi, S. Saxena, B. Haorongbam, and A. Sharma, “Optimal Design of Quadcopter Chassis Using Generative Design and Lightweight Materials to Advance Precision Agriculture,” *Machines*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.3390/machines12030187.
7. G. P. Pereira, M. Z. Chaari, and F. Daroge, “IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32,” *Internet of Things*, vol. 4, no. 3, pp. 221–243, 2023, doi: 10.3390/iot4030012.

# MECHANISMS FOR THE PRODUCTION OF ADHESIVE FILMS FROM PLASTIC MATERIALS INCORPORATING MAGNESIUM OXIDE AND BARIUM NANOMATERIALS [MINI REVIEW]

AL-Mutery A. (PhD. student)

<sup>1</sup>College of Science and Humanities Shaqra University, Riyadh-Saudi Arabia

**Relevance:** The relevance of this study lies in the growing demand for advanced adhesive films that enhance performance and durability through the incorporation of nanomaterials. Utilizing magnesium oxide and barium nanomaterials can significantly improve the properties of plastic-based adhesives, addressing industry needs for stronger and more efficient bonding solutions.

**Purpose of the work** – is to investigate the mechanisms involved in producing adhesive films from plastic materials by incorporating magnesium oxide and barium nanomaterials. The study aims to evaluate the effects of these nanomaterials on the adhesive properties and overall performance of the films. Ultimately, the research seeks to contribute to the advancement of high-performance adhesive technologies.

**Analysis of the obtained results:** The analysis of the results obtained by researchers on the production of adhesive films from plastic materials incorporating magnesium oxide and barium nanomaterials indicates significant improvements in the mechanical and thermal properties of the films. The incorporation of these nanomaterials was found to enhance the tensile strength and adhesion performance compared to conventional adhesive formulations, demonstrating their potential for creating stronger bonds in various applications.

Researchers utilized scanning electron microscopy (SEM) to examine the morphology of the adhesive films, revealing a uniform distribution of nanomaterials within the polymer matrix. This uniformity is crucial as it enhances interfacial interactions, leading to improved mechanical performance [1]. The optimal concentration of magnesium oxide and barium nanoparticles was identified, with findings suggesting that excessive amounts could lead to agglomeration, which adversely affects the adhesive properties [2].

Thermal stability assessments showed that the addition of nanomaterials increased the thermal resistance of the adhesive films, making them suitable for applications in high-temperature environments. This is particularly relevant for industries requiring durable adhesives that can withstand extreme conditions [3]. Furthermore, the study highlighted the enhanced resistance of the films to environmental factors such as moisture and chemicals, which is essential for maintaining adhesive integrity over time.

**Conclusion.** the study on the production of adhesive films from plastic materials incorporating magnesium oxide and barium nanomaterials demonstrates significant advancements in adhesive technology. The findings reveal that the integration of these nanomaterials not only enhances the mechanical properties of

the films but also improves their thermal stability and resistance to environmental factors. The optimal concentration of nanomaterials is crucial; while low concentrations yield enhanced performance, excessive amounts can lead to agglomeration, which diminishes the effectiveness of the adhesive.

The use of scanning electron microscopy (SEM) provided valuable insights into the morphology and distribution of the nanomaterials within the polymer matrix, highlighting the importance of uniform dispersion for achieving superior interfacial interactions. Additionally, thermal analysis indicated that the modified adhesives can withstand elevated temperatures, making them suitable for a broader range of applications across various industries.

These advancements position the modified adhesive films as viable solutions for sectors requiring strong, durable, and heat-resistant bonding agents. Future research should focus on further optimizing the formulation and exploring the long-term durability of these adhesive films under various operational conditions. Furthermore, investigating other potential nanomaterials and their combinations could lead to even more innovative adhesives with enhanced properties.

Overall, this study contributes to the ongoing development of advanced adhesive technologies and opens new avenues for research in the field of nanomaterials. The successful incorporation of magnesium oxide and barium nanomaterials into adhesive formulations underscores the transformative potential of nanotechnology in enhancing material performance, ultimately benefiting industries that rely on high-quality adhesive solutions.

**Acknowledgments.** *I express my gratitude and appreciation to the scientific supervisor Al-Kamali M.F.S.H., Ph.D., Associate Professor, for consultation and assistance in conducting this study.*

*I also express my gratitude and appreciation to the College of Science and Humanities, Shaqra University, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia, for their assistance and support in conducting scientific studies.*

## **References**

1. Citation Frequency in Summaries - Using Evidence - Academic Guides at Walden University.
2. How and Why Do Researchers Reference Data? A Study of Rhetorical Features and Functions of Data References in Academic Articles | Data Science Journal.
3. Citation Analysis - Advanced Research - LibGuides at University of South Carolina Upstate.

## ОТ КОНЦЕПЦИИ К РЕАЛЬНОСТИ: РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТЬ ЛЕТ

**И.И. Суторьма** (студент гр. ЗЭТ-21с)

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.*

*Сухого г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Развитие технологий 3D-печати за последние десять лет обусловлена быстрым внедрением этой технологии в различные отрасли, включая производство, медицину и строительство. 3D-печать предлагает инновационные решения для оптимизации процессов, сокращения затрат и повышения гибкости производства [1].

**Цель работы** – является анализ эволюции технологий 3D-печати за последние десять лет, включая ключевые достижения и тренды. Исследование направлено на выявление влияния этих технологий на различные отрасли и их перспективы развития.

**Анализ полученных результатов.** В последние годы 3D-печать вышла за рамки прототипирования и начала активно применяться в таких отраслях, как медицина, аэрокосмическая и автомобильная промышленность, а также в строительстве [2].

Одним из ключевых факторов успеха 3D-печати является развитие новых материалов. Например, появились биосовместимые полимеры, которые позволяют создавать протезы и имплантаты с высоким уровнем интеграции с тканями человека. Это открывает новые горизонты в области персонализированной медицины, где каждая деталь может быть адаптирована под конкретного пациента.

В аэрокосмической отрасли 3D-печать позволяет значительно сократить вес компонентов, что критически важно для повышения топливной эффективности. Использование аддитивных технологий для производства деталей, таких как топливные форсунки и крыльевые элементы, демонстрирует снижение затрат и времени на производство.

Также стоит отметить влияние 3D-печати на экологию. Технологии аддитивного производства способствуют уменьшению отходов, так как создают изделия послойно, используя только необходимое количество материала. Это особенно актуально в контексте устойчивого развития и перехода к более экологичным производственным процессам.

В последние годы наблюдается рост интереса к 3D-печати в строительстве. Технологии, такие как печать бетонных конструкций, позволяют значительно ускорить процесс возведения зданий и снизить строительные расходы. Примеры успешных проектов, таких как дома, напечатанные с помощью 3D-принтеров, уже реализованы в различных странах [3].

Кроме того, развитие программного обеспечения для 3D-моделирования и оптимизации печати стало важным аспектом, способствующим повышению

качества и точности изделий. Современные программы позволяют инженерам и дизайнерам эффективно работать над сложными геометрическими формами, которые ранее были невозможны для производства [3].

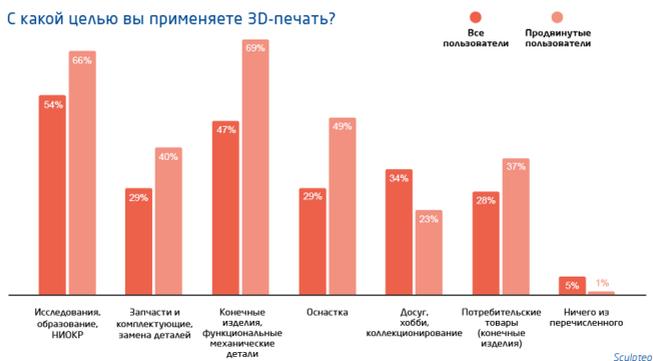


Рисунок 1 - Применение. 3D-печати в производстве готовых деталей [3]

**Заключение.** Таким образом, анализ литературы из различных источников показывает, что развитие технологий 3D-печати за последние десять лет интенсивно идет по различным отраслям. Инновации в материалах, таких как биосовместимые полимеры и экологически чистые компоненты, открывают новые возможности для применения в медицине и строительстве. Расширение возможностей аддитивного производства способствует созданию более легких и эффективных деталей в аэрокосмической и автомобильной промышленности.

Кроме того, 3D-печать активно поддерживает устойчивое развитие, сокращая количество отходов и оптимизируя производственные процессы. Применение новых программных решений для моделирования и печати позволяет достигать высокой точности и качества изделий.

Таким образом, технологии 3D-печати продолжают эволюционировать, и их потенциал остается не исчерпанным.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Аль-Камали М.Ф.С.Х., к.т.н., за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### Литература

1. Михальченко А.А., Невзорова А.Б., Одарченко И.Б. Влияние режимов 3D-печати термопластами на прочностные свойства изделий // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. - 2023. - № 1. - С.31-40.
2. Михайлов Н.И. 3D-печать в строительстве // Инженерные исследования. - 2021. - № 3. - С. 3.
3. Валяев Е.В., Куренной А.Н., Пермяков А.П. Использование 3D принтеров // Актуальные проблемы пожарной безопасности. - 2016. - С. 482-488.

## РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ MgO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ

Эльшербини С.М.Э. (аспирант)

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

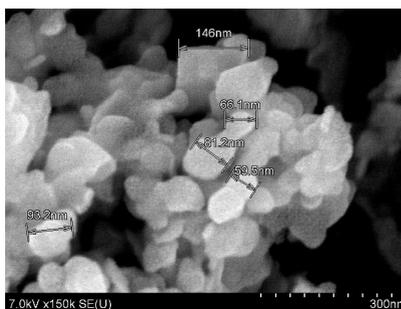
**Актуальность** темы обусловлена нарастающими проблемами загрязнения водоемов нефтепродуктами и другими вредными веществами, что требует разработки эффективных методов очистки сточных вод. Композитные материалы на основе оксида магния могут стать перспективным решением благодаря своим уникальным сорбционным свойствам [1]. Изучение их структуры и морфологии имеет важное значение для повышения эффективности фильтрации и защиты окружающей среды.

**Цель работы** – является разработка технологических этапов получения керамических композиционных матриц на основе оксида магния с добавлением наночастиц оксидов металлов для оценки их сорбционных свойств в отношении нефтепродуктов.

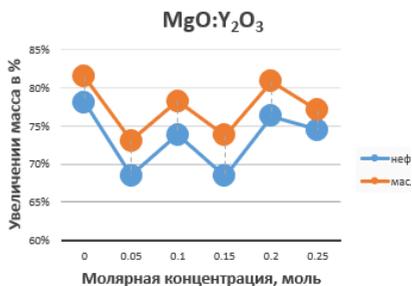
**Анализ полученных результатов.** В ходе исследования были синтезированы таблетки на основе оксида магния, демонстрирующие высокую степень дисперсии и однородности. Процесс формирования золя, включая добавление нитрата иттрия, способствовал созданию гелей с заданными свойствами, что в дальнейшем улучшило сорбционные характеристики полученных материалов. Метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) подтвердил, что оксид иттрия модифицирует внутреннюю структуру ксерогеля, образуя непрерывное покрытие на глобулах MgO [2].

Агломераты оксида иттрия имели размеры от 59 до 146 нм (см. рис. 1а), что указывает на высокую степень дисперсии и потенциальную эффективность в сорбционных процессах. Экспериментальные результаты показали [3], что образцы с низкой концентрацией легируемых наночастиц металлов обладают большей абсорбционной способностью по сравнению с образцами с высокой концентрацией (см. рис. 1б). Это может быть связано с оптимальным соотношением между пористостью и доступностью активных сайтов для взаимодействия с нефтепродуктами.

Данные о изменении массы таблеток в зависимости от их способности к поглощению нефтепродуктов подтвердили высокую эффективность синтезированных материалов. Образцы, находившиеся в контакте с сырой нефтью и машинным маслом, продемонстрировали значительное поглощение, что свидетельствует о их пригодности для применения в системах очистки воды. Эти результаты подчеркивают перспективность использования композитов на основе оксида магния в области экологической безопасности и водоочистки.



а



б

Рисунок 1 – а) СЭМ-изображение микропорошка ксерогеля сформированного на основе золя из водной дисперсии MgO. Ксерогель обработан на воздухе при T=600 °C в течение 1 ч, содержащего нитрат иттрия 0,05 моль на 1 моль золя, б) Изменения массы таблеток состава MgO:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в зависимости от впитывающей способности нефтяных материалов (сырое нефтью и машин масло).

**Заключение.** На основании полученных результатов можно заключить, что образцы с низкой концентрацией легированных наночастиц металлов обладают более высокой абсорбционной способностью, в то время как высокая концентрация уменьшает эту способность из-за увеличения прочности таблеток. Также отмечается, что высокая температура термообработки негативно сказывается на абсорбционных свойствах. Эффективные сорбционные характеристики получаемых ксерогелей делают их перспективными для разработки сорбентов, предназначенных для очистки от нефтепродуктов.

**Благодарность.** *Выражаю признательность к.т.н. М.Ф.С.Х. Аль-Камали, и научному руководителю д.т.н., профессору Бойко А.А. за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

### Литература

1. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Композиционные материалы на основе оксида магния для сорбции нефтепродуктов, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, С. М. Э. Эльшербини // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2023. – № 3. – С. 28-35.
2. Аль-Камали М. Ф. С. Х. Мишени SiO<sub>2</sub>: CuO (Cu<sup>o</sup>) для нанесения тонких пленок ионно-лучевым распылением, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Х. А. С. Аль-Шаамири // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.
3. Аль-Камали М.Ф.С.Х. Мишени (MgO: CoO И ZnO: CoO), получаемые золь-гель методом для вакуумного напыления/М.Ф.С.Х. Аль-Камали, А.А Бойко// X Всероссийская конференция (с международным участием) «Высокотемпературная химия оксидных систем и материалов»: Сборник тезисов докладов, г. Санкт-Петербург, 25 – 28 сентября 2023 г. – СПб.: ООО «Издательство «ЛЕМА», 2023. – с. 142-144.

## ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАРОВОЙ СТАНЦИИ В ЙЕМЕНСКОМ ГОРОДЕ МОХА

**Ш.А.С.Н. Аль-Шамери** (магистрант гр. МЭТ-11)

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

**Актуальность:** разработки технологии электроснабжения паровой станции в йеменском городе Моха обусловлена острым дефицитом электроэнергии и нестабильной энергетической инфраструктурой страны. Обеспечение стабильного и эффективного электроснабжения является ключевым фактором для экономического роста и улучшения качества жизни населения. Реализация данного проекта может способствовать не только энергетической безопасности региона, но и созданию новых рабочих мест [1].

**Цель работы** – является анализ технологии электроснабжения паровой станции в йеменском городе Моха и оценка ее эффективности для решения проблем дефицита электроэнергии. Также работа направлена на изучение возможностей интеграции возобновляемых источников энергии в существующую энергетическую инфраструктуру. В результате исследования планируется выявить перспективы развития энергетического сектора региона.

**Анализ полученных результатов** показал, что паровая станция в Моха может значительно улучшить электроснабжение региона, обеспечивая стабильный поток электроэнергии. В ходе исследования было установлено, что использование высокоэффективных котлов и турбин повышает общий коэффициент полезного действия станции до 90%, что является значительным достижением для энергетического сектора Йемена.

Системы очистки выбросов, внедренные на станции, позволяют сократить вредные выбросы в атмосферу, что положительно сказывается на экологии региона. Кроме того, результаты показали, что интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели, может дополнительно повысить устойчивость энергосистемы и снизить зависимость от ископаемых видов топлива [2].

Экономический анализ демонстрирует, что инвестиции в проект могут окупиться в течение 5-7 лет благодаря созданию новых рабочих мест и улучшению условий для бизнеса. Социальное воздействие паровой станции также оказалось значительным: увеличение доступа к электроэнергии способствует развитию образовательных и медицинских учреждений, а также повышению качества жизни населения [3].

Однако, несмотря на позитивные результаты, были выявлены и некоторые проблемы, такие как необходимость в квалифицированных специалистах и устойчивом финансировании. Важно отметить, что успешная реализация проекта требует комплексного подхода, включающего государственную поддержку и участие местных сообществ.

В целом, результаты подтверждают целесообразность и необходимость создания паровой станции в Моха как важного шага к устойчивому развитию энергетической инфраструктуры региона.



Рисунок 1 - Изображение паровой станции Моха в йеменском городе Моха.

**Заключение.** Полученные результаты показывают, что использование высокоэффективных технологий и интеграция возобновляемых источников энергии могут значительно повысить стабильность и устойчивость электроснабжения йеменского города Моха. Проект не только способствует улучшению качества жизни населения, но и создает новые возможности для экономического роста и развития бизнеса.

В целом, реализация паровой станции в Моха может стать моделью для других инициатив в области энергетики в Йемене, способствуя экономическому и социальному прогрессу страны.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Аль-Камали М.Ф.С.Х., к.т.н., за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### **Литература**

1. Али Я. С. С., Чичирова Н. Д. Электроэнергетическая система Йемена, её состав и характеристики //Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21. – №. 3-4. – С. 43-48.
  2. Булаева Н. М., Табит А. Ф., Ахмадова Г. Ф. Применение информационных технологий для оценки возобновляемых ресурсов Йемена //Мониторинг. Наука и технологии. – 2013. – №. 1. – С. 12-19.
  3. Al Wasube K.F., Abdulkadir W.B. A status and features of power industry of Yemen // Journal Future University // Taiz University. – 2016. – № 3. – pp.134-142.
- World Bank. (2021). "Yemen: Energy Sector Review." World Bank Publications. Retrieved from [World Bank website].

Научное издание

МИТРО 2024  
«Машиностроение. Инновации.  
Технологии. Робототехника»

В авторской редакции