

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЁВА

На правах рукописи

ДРОЗДЕНКО ЮРИЙ ВАДИМОВИЧ

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН**

Специальность 05.05.06
«Горные машины»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Л.Е. Маметьев

Кемерово 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Состояние проблемы поддержания работоспособности оборудования бурошнековых машин	10
1.1 Назначение и область применения горизонтальных скважин.	10
1.2 Анализ оборудование для бурения горизонтальных скважин.....	14
1.3 Влияние структуры и условий эксплуатации на формирование отказов узлов и агрегатов бурошнековой машины	27
1.4 Обоснование приоритетных показателей работоспособности узлов бурошнекового оборудования.....	30
1.5 Выводы.....	41
2. Обоснование метода диагностика технического состояния бурошнекового оборудования	43
2.1 Анализ методов неразрушающего контроля оборудования бурошнековых машин для диагностики технического состояния..	43
2.2 Взаимосвязь механических колебаний с работоспособностью узлов и агрегатов бурошнековых машин.....	50
2.3 Выбор средств измерения и метода обработки вибрационного сигнала при эксплуатации бурошнековых машин	54
2.4 Обоснование метода оценки технического состояния узлов и агрегатов бурошнековых машин	61
2.5 Выводы	64
3. Моделирование процесса оценки технического состояния узлов и агрегатов бурошнековых машин	65
3.1 Обоснование причин возникновения отказов узлов оборудования бурошнековых машин при эксплуатации.....	65

3.2	Обеспечение работоспособного состояния узлов оборудования бурошнековых машин.....	76
3.3	Выбор математических моделей для оценки технического состояния узлов и агрегатов бурошнековой машины.....	79
3.4	Выводы.....	84
4.	Оценка технического состояния и разработка средств снижения вибрации в узлах и агрегатах бурошнековых машин.....	85
4.1	Параметры технической характеристики и условия внедрения бурошнекового оборудования.....	85
4.2	Методика вибрационных диагностических обследований узлов и агрегатов бурошнековых машин.....	88
4.3	Оценка технического состояния узлов бурошнековых машин при эксплуатации.....	97
4.4	Разработка способа и устройств для снижения уровня вибрации и отказов узлов оборудования бурошнековых машин.....	102
4.5	Выводы.....	109
	Заключение.....	111
	Направления дальнейших исследований.....	112
	ЛИТЕРАТУРА.....	113
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	127
	Приложение А.....	128
	Приложение Б.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Расширение области применения буровых технологий и техники охватывает решение жизненно важных проблем многих отраслей промышленности, использующих комплекс скважин различного назначения. Особое значение, буровые технологии и техника имеют для горной, нефтяной, газовой и строительной отраслей промышленности. Развитие существующих промышленных предприятий и инфраструктуры городов предполагает и развитие сети подземных коммуникаций. Прокладка подземных коммуникаций открытым способом в промышленных условиях и плотной городской застройки весьма затруднительно. Поэтому применение бестраншейных технологий с использованием машин для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин является одним из рациональных способов проведения подземных коммуникаций.

Эффективная эксплуатация узлов и агрегатов электромеханического и гидравлического оборудования, которые составляют функциональную основу буровых машин и инструмента, достигается путем снижения потока отказов и повышения оперативности определения показателей фактического технического состояния. Достижение этих показателей выполнимо только при соблюдении соответствующих организационных и технологических мероприятий по ремонту и техническому обслуживанию эксплуатируемого оборудования. Такой подход особенно актуален при учете того, что проектирование и создание нового оборудования направлено на увеличение скорости выполнения поставленных ему задач, а стандартные системы планово-предупредительных ремонтов не способны обеспечить заданный уровень эксплуатационной надежности. Так как буровые машины и оборудование к ним выпускаются ограниченными партиями или в единственном экземпляре по требованиям заказчи-

ка то данные, которые регламентировали бы периодичность проведения ремонтных и восстановительных работ практически отсутствуют.

Процесс обнаружения и устранения неисправностей эксплуатируемого оборудования влечет значительные затраты временных и финансовых ресурсов, особенно если это касается аварийных случаев. В итоге, затраты на восстановление и поддержание оборудования в работоспособном состоянии могут превысить его стоимость, а простои оборудования могут привести к еще более значительным убыткам. В такой ситуации особое значение приобретает процесс диагностирования оборудования и определение его остаточного ресурса.

Развитие научно-технических основ оценки технического состояния узлов и агрегатов шнековых машин для бурения горизонтальных скважин обеспечит обоснование периодичности ремонта и технического обслуживания бурошнекового оборудования, разработку технологических и технических решений повышения их работоспособности, базируется на выявлении закономерностей возникновения износов, повреждений в деталях и сборочных единицах, закономерностях развития деградиционных процессов и является актуальной научной задачей.

Работа выполнялась в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России по проекту №632 «Исследование параметров технологии и техники для выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе»

Степень проработанности. Вопросами разработки и эксплуатации бурошнекового оборудования и развития бурошнековых технологий занимались такие ученые как М.С. Сафохин, Г. Е. Лавров, Б. Н. Смоляницкий, Л. Е. Маметьев, С. М. Карпенко; Б. Б. Данилов, А. В. Гилев, А. Н. Ананьев, О. В. Любимов. В работах данных исследователей обоснованы конструктивные и силовые

параметры бурошнековых машин и оборудования, разработаны способы и средства для бурения горизонтальных скважин, а также намечены пути совершенствования бурошнекового оборудования. Однако вопросы диагностики и повышения уровня безотказности бурошнековых машин, а также вопросы, связанные с оценкой технического состояния не рассматривались.

Цель работы. Разработка метода оценки технического состояния узлов и агрегатов оборудования шнековых машин для бурения горизонтальных скважин.

Идея работы заключается в использовании методов вибрационного диагностирования фактического технического состояния узлов оборудования бурошнековых машин.

Объект исследований: комплект бурошнекового оборудования на базе станка вращательного бурения.

Задачи исследований. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. определить группу значимых показателей влияния на фактическое техническое состояние узлов оборудования бурошнековой машины для бурения горизонтальных скважин большого диаметра;
2. выбор метода диагностики технического состояния узлов и агрегатов бурошнековой машины и схему диагностических обследований в процессе эксплуатации;
3. разработать методику оценки фактического технического состояния узлов оборудования бурошнековых машин;
4. предложить технические решения по снижению уровня механических колебаний в опорных подшипниковых узлах комплекта бурошнекового оборудования для двухэтапного бурения горизонтальных скважин.

Методы исследований. При выполнении работы использовались следующие методы: хронометрические наблюдения, экспериментальные исследования, системный анализ, а также методы математического моделирования и ста-

тистической обработки экспериментальных результатов, положения теории вероятностей и научный анализ литературных источников.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Величина коэффициента значимости K_{3H} устанавливает группу показателей влияния на фактическое техническое состояние узлов оборудования БШМ характеризуемыми уровнем вибрации подшипниковых опор и случайными техногенными факторами.
2. Спектральные характеристики вибрационного сигнала устанавливают взаимосвязь фактического технического состояния узлов и агрегатов буровых машин с уровнем вибрации подшипниковых опор и оценивают их работоспособность или необходимость проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.
3. Снижение уровня вибраций в подшипниковых опорах вращательно-подающего механизма и инструмента буровых машин и, как следствие, сокращение периодичности мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту достигается за счет применения самогерметизируемых подшипниковых узлов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

–представительным объемом статистической выборки (пробурено 43 горизонтальные скважины общей протяженностью более 1100 м с регулярным мониторингом вибрации);

–использованием современных методов измерения и анализа механических колебаний;

–положительными результатами внедрения новой конструкции подшипникового узла при сооружении горизонтальных скважин на промышленных площадках Кузбасса и других регионов России.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- впервые установлен перечень параметров, которые оказывают существенное влияние на эксплуатационную надежность и техническое состояние бурошнековой машины горизонтального бурения;
- определены методы и разработаны требования для оценки технического состояния бурошнекового оборудования, позволяющие устанавливать сроки проведения технического обслуживания и ремонта;
- разработаны средства снижения уровня вибрации во вращательно-подающем узле бурошнековой машины, препятствующие попаданию продуктов разрушения на трущиеся поверхности подшипников.

Личный вклад автора состоит:

- в проведении теоретических исследований и численных экспериментов, а также в обработке и анализе результатов натурных испытаний бурошнекового оборудования и в обработке статистического материала, полученного в результате экспериментов проведенных при сооружении горизонтальных скважин в условиях Кузбасса и других регионов РФ;
- в реализации системы мониторинга механических колебаний в узлах бурошнекового оборудования при сооружении горизонтальных скважин.

Научное значение работы заключается в разработке метода оценки технического состояния уникальных технических объектов, с учетом особенностей условий и режимов эксплуатации, базирующегося на использовании методов и средств неразрушающего контроля, и разработке средств снижения влияния механических колебаний в узлах бурошнекового оборудования.

Практическая значимость работы заключается в разработке научно обоснованной методики объективной оценки фактического технического состояния бурошнековой машины горизонтального бурения.

Предлагаемое решение конструкции подшипникового узла, в котором применяются подшипники с АФЗ, позволяет снизить негативное влияние меха-

нических колебаний на вращательно-подающий механизм бурошнековой машины.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Основные научные результаты диссертационной работы внедрены и находят практическое применение в учебных заведениях высшего профессионального образования (КузГТУ г. Кемерово) и организациях, являющихся заказчиками услуг по сооружению горизонтальных скважин (ОАО «Кемеровоэлектромонтаж» (г. Кемерово), ООО «Блок» (г. Нижневартовск), ООО «Прокопьевское специализированное предприятие» (г. Прокопьевск)). К их числу относятся материалы по оценке технического состояния бурошнекового оборудования, рекомендации по использованию средств неразрушающего контроля для оценки остаточного ресурса узлов, разделы лекционных курсов.

Апробация работы. Основные положения диссертации и отдельные ее результаты докладывались и обсуждались на 26-й международной конференции «NO-DIG 2008» (г. Москва, 2008 г.), на четвертой международной конференции «Проблемы механики современных машин» (г. Улан-Уде, 2009 г.), на XIII Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России Новые походы к развитию угольной промышленности» (г. Кемерово, 2011 г.), на международных конференциях «NO-DIG 2010», «NO-DIG 2012» (г. Москва), на XV международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс» (г. Кемерово, 2014 г.), на Китайско-Российском форуме «Taishan Academic Forum – Project on Mine Disasters Prevention and Control» (Qingdao, China, 2014)

Публикации. По результатам исследований опубликовано 16 работ, 8 из которых в изданиях рекомендуемых перечнем ВАК РФ

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений общий объем 146 страниц, содержит 22 таблицы и 47 рисунков, библиографический список включает 136 наименований.

1. Состояние проблемы поддержания работоспособности оборудования буровых машин

1.1. Назначение и область применения горизонтальных скважин

Потребность горнодобывающей и строительной отраслей народного хозяйства в проведении горизонтальных скважин различного диаметра, протяженности и назначения в настоящее время достаточно велика.

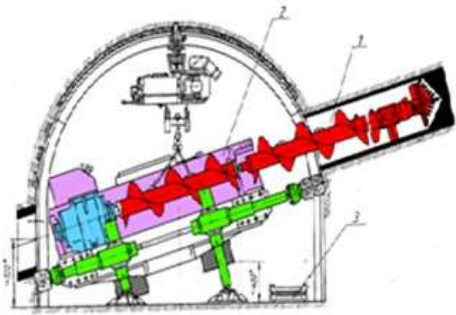
В горном деле (рис. 1а, б, в) горизонтальные скважины могут использоваться:

- для реализации основных технологических операций (нарезных, проходческих и очистных);
- для ряда вспомогательных операций (предварительное увлажнение массива, дегазация, вентиляция, водоотлив, прокладка коммуникаций, перемещение людей и грузов, горноспасательные работы).

В строительстве (рис. 1г, д) рост объемов бурения горизонтальных скважин с одновременной закрытой прокладкой коммуникаций и создание соответствующих технических средств вызван следующими структурными, технологическими, экономическими и экологическими причинами:

- возрастание потребности в системах трубопроводов для обеспечения населения коммуникационными сетями, в том числе с учетом перспектив развития;
- возникновение новых областей применения трубопроводных сетей в промышленном, общественном и частном секторах;
- насыщенность коммуникациями поверхностного слоя, что усложняет прокладку новых трасс;
- высокая чувствительность современных инфраструктур к неудобствам, возникающим при открытой прокладке коммуникаций;
- необходимость в точной прокладке коммуникаций на значительные расстояния (100...150 м);

а)



б)



в)



г)



д)



Рис. 1.1 Применение буровых машин: в горной промышленности а) буровая установка БШУ; б) Буровый комплекс КБВ с тремя коронками; в) комплекс КГРП на угольном разрезе; в строительстве г) микротоннелирование; д) шнековое бурение

- современные требования к росту механизации, улучшающей условия производства работ;
- топографические условия, зачастую не позволяющие вести строительство открытым способом;
- экономические соображения, требующие разработки методов, экономящих время и средства. Положительными аспектами являются экономия энергии и сырья, а также значительное снижение дополнительных затрат на рекультивацию;
- уменьшение перерывов в производственной деятельности, связанных с прокладкой траншей;
- уменьшение нагрузки на окружающую среду, сохранение свойств и зеленого покрова поверхности земли.

На рис.1.2 представлены данные Международного Европейского Строительного Союза (FIEC), отражающие потребность в прокладке трубопроводных систем при возведении новых и реставрации старых объектов в европейских странах с учетом финансовых возможностей на рубеже 2000-х годов. По прогнозам к середине второго десятилетия XXI века ожидается удвоение водопотребления, что должно привести к увеличению общей потребности рынка в системах и комплексах, обеспечивающих возведение таких систем [1].

Использование методов и средств бестраншейной проходки горизонтальных скважин различного назначения и протяженности актуально в настоящее время для многих отраслей промышленности и строительства. По данным журнала *UndergroundConstruction* и Международной Ассоциации Специалистов Горизонтального Направленного Бурения (МАС ГНБ) основными потребителями бурошнековых технологий и технологий бестраншейной прокладки коммуникаций в России являются ведущие отрасли: горная, строительная, нефтяная, газовая, электроэнергетика, ЖКХ, связь

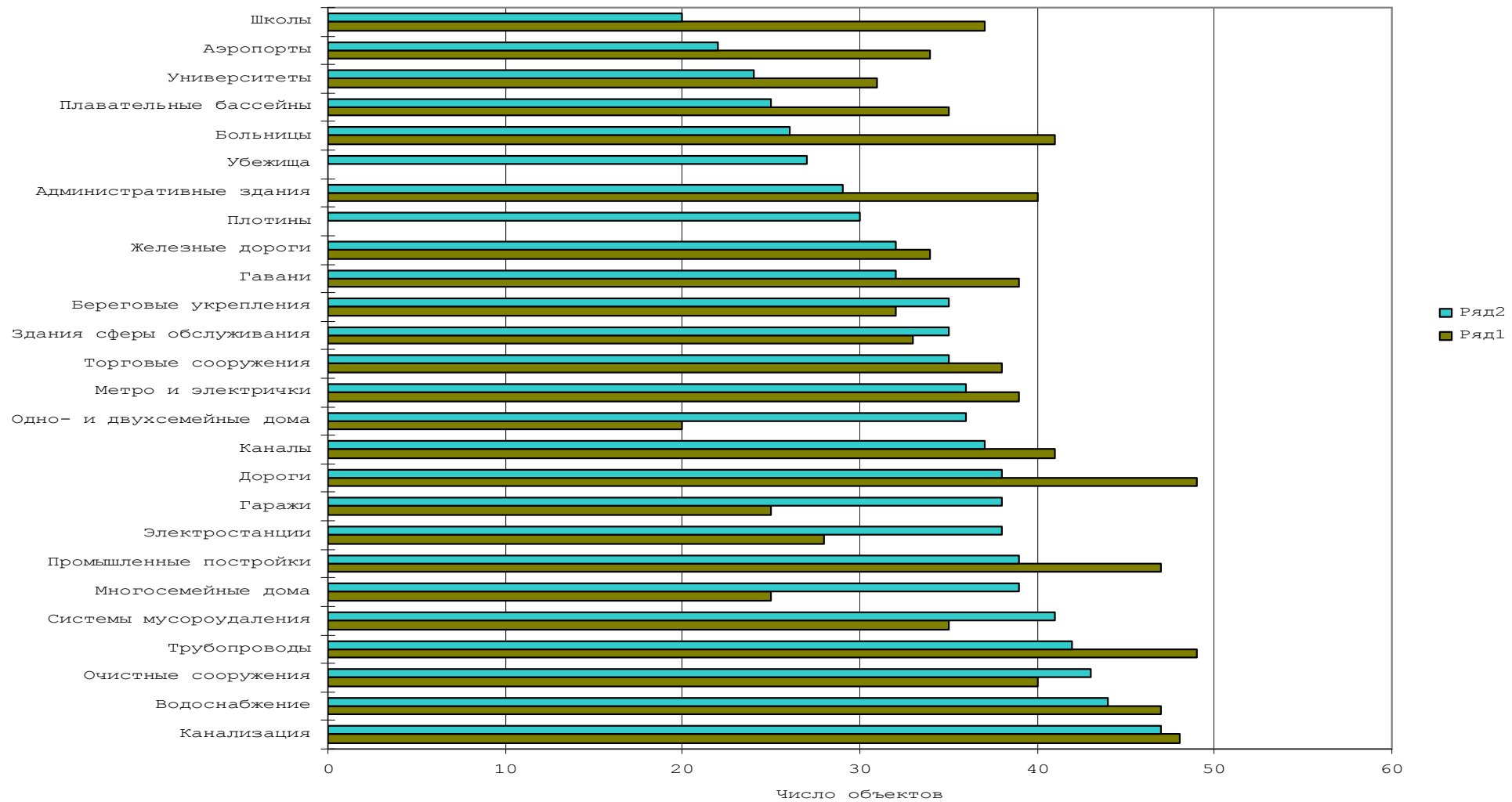


Рис. 1.2. Потребность в прокладке трубопроводных систем в европейских странах (по данным FIES):

ряд 1 – реставрируемые объекты; ряд 2 – новые объекты

Поэтому разработка и апробация новых бестраншейных технологий сооружения, ремонта и замены подземных коммуникаций, а также вопросы повышения надежности эксплуатируемого оборудования являются актуальными вопросами [2].

1.2. Анализ оборудование для бурения горизонтальных скважин

В связи с тем, что все больше и больше строительных работ осуществляется на высоко урбанизированных территориях, перекрестках оживлённых дорог, охраняемых участках, насыщенных зелеными насаждениями и промышленными зонах или центрах крупных городов, бестраншейные методы становятся незаменимым средством при прокладке коммуникаций. Бестраншейное строительство подземной инфраструктуры, как известно, представляет собой внедрение под поверхность земли трубы, кабели и трубопроводы без проведения открытых земляных работ. Бестраншейные технологии - это реальный прогресс в строительстве трубопроводов тоннелей, особенно тех, которые по техническим причинам не могут быть сделаны по-другому [3].

В мире создано большое количество бурошнековых установок как для работы на угольных предприятиях, для добычи полезного ископаемого в пластах мощностью 0,45-1,5 м., так и для работы в условиях плотной городской и промышленной застройки, для прокладки подземных коммуникаций.

Бурошнековые установки для работы на угольных шахтах разрабатывались с 50-х годов XX века. По схеме работы их можно разделить на фронтальные (для двустороннего бурения скважин) и фланговые. Также различают одношпindelные (с одним буровым ставом), двухшпindelные (со спаренным буровым ставом) и многошпindelные (более двух буровых ставов). К одношпindelным относятся Буровой агрегат БШК, установка «Кардокс» (США, 1950), установка фирмы «Корфман» KGB-500 (Германия, 1954) (рис. 1.3), установки фирмы «Undergroundaугерминер» и многие другие, к двухшпindelным – установки БУГ-1,

БУГ-2 и БУГ-3, установка БШУ. Многошпиндельные бурошнековые установки для работы в подземных условиях распространения не получили [4]. Основные параметры бурошнековых машин для горной промышленности представлены в табл.1.

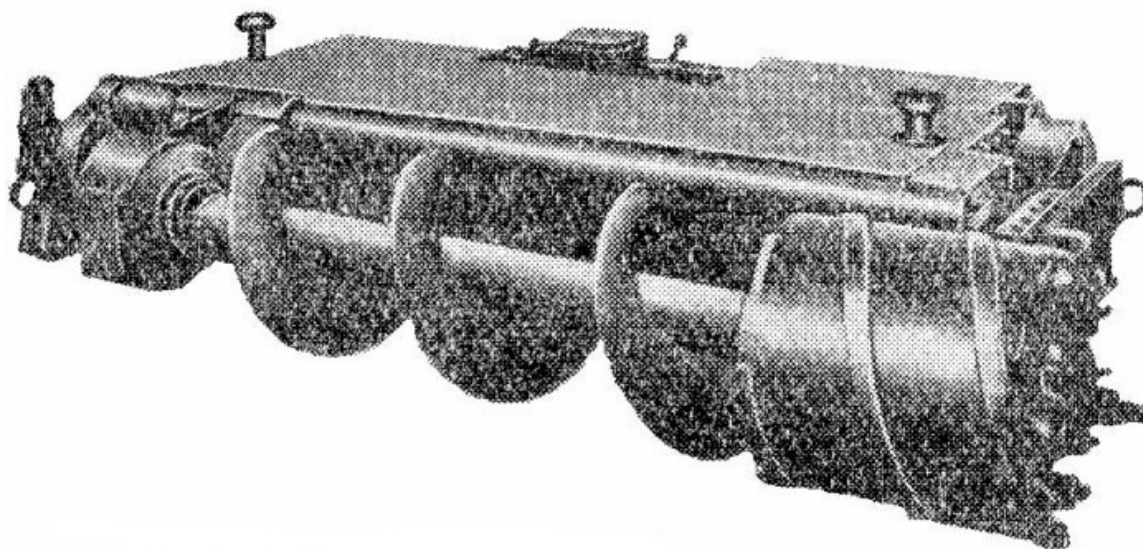


Рис.1.3.Одношпindelная установка фирмы «Корфман»

Более широкое распространение бурошнековые машины получили для бестраншейной прокладки трубопроводов большого диаметра (от 0,5м) и длиной до 150м под разнообразными препятствиями (рис. 1.4).

Метод горизонтального шнекового бурения заключается в одновременном бурении скважины и прокладки обсадной трубы кожуха. Разрушение забоя осуществляется с некоторым опережением относительно трубы-кожуха. Разработка забоя и удаление продуктов разрушения при этом механизированы. Передача крутящего момента от бурового замка к исполнительному органу осуществляется через колонну шнекового става.

Для того чтобы осуществить сооружение скважины под препятствием необходимо обеспечить устройство стартового и приемного котлованов размеры кото-

рых соответствуют глубине заложения проектируемой коммуникации и габаритным размерам применяемого оборудования.



Рис. 1.4. Бурошнековая установка для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций

Данный метод сооружения горизонтальных скважин позволяет:

- резко повысить темпы работ по новому строительству и ремонту изношенных коммуникаций.
- более эффективно использовать финансовые и материальные ресурсы;
- соблюдать экологические нормы, практически исключить ведение крупномасштабных земляных работ, ликвидировать угрозу повышения уровня грунтовых вод и загрязнение грунтовых массивов бытовыми и производственными стоками, сохранить зеленые насаждения;
- обеспечивать бесперебойное движение транспорта в районе проведения работ и сохранить дорожное покрытие;
- снизить прямые и косвенные финансовые и временные затраты.

Таблица 1.1

Основные характеристики буровых машин для горной промышленности

Параметр	JOY AD-2	KGB- 500	Установка фирмы «Compton»	«Undergrounda ugerminer»	АБШ	БУГ-3	БШУ	БШК - 2Д "БУРАН - ШНЕК"
Суммарная мощность привода, кВа	30	42	100	160	180	100	133	220
Скорость подачи буровой каретки (не более) м/мин	2	2	Н.д	4; 8,8	1,8-2,6	6	3	4,5
Частота вращения шпинделей, мин ⁻¹	75	45; 67	Н.д	75	40/ 60	45/ 65	45/ 65	68
Максимальное напорное усилие, кН	40	50	80	134; 177	200	120	150	240
Диаметр буровых коронок, мм	610; 760	510; 620; 700	610;950	850; 1000	900-1250	525; 625; 700	525; 625; 700	525; 625; 700
Полезная длина шнековой секции, мм	1200	1700	1900	1700	1220	1500	1500	1500
Способ передвижки машины	лебедкой	лебедкой	гидравлически е шагающие лыжи	гусеничный ход	гидродомкра ты передвижки	распорно- поворотные гидродомкраты	гусеничн ый ход	
Масса машины (агрегата), т	4,5	7,6	11	20,5	32	12	16	15

В зависимости от параметров сооружаемого подземного перехода (длины и размеров рабочего и приемного котлованов) бурошнековые установки следует подразделять на установки для бурения на полную длину и для посекционного бурения.

По количеству механизмов подачи следует различать установки с одним механизмом подачи, осуществляющим все операции при бурении прямым ходом и при разбуривании обратным ходом, и с несколькими механизмами подачи, один из которых осуществляет бурение пионерной скважины, и размещен в рабочем котловане вместе с установкой, а другие проталкивают кожух большого диаметра за расширителем обратного хода, и размещены в приемном котловане. Такой комплект оборудования описан в работе [5].

По способу удаления выбуриваемого грунта от бурового шнекового става различают бурошнековые установки со встроенными средствами для удаления грунта (отвальные лопасти, метатели и т.п.) и с дополнительными устройствами для удаления грунта (перегрузатели, ковшевые экскаваторы).

По схеме работы бурошнековые установки подразделяются на: перемещающиеся со скоростью прокладки трубопроводов при бурении, на стационарные или неподвижные и на комбинированные или полустационарные. Первый тип установок эксплуатируется в навешенном состоянии и поддерживается при передвижении кранами-трубоукладчиками или специальными опорами [5, 6]. У второго типа движущимися частями являются шпиндели или полые роторы [7, 8]. У третьего типа бурошнековых установок имеется неподвижная постельная рама, по которой циклически перемещается бурошнековый станок [9].

По типу привода бурошнековые установки подразделяют на установки с электроприводом, с гидроприводом, с приводом от двигателей внутреннего сгорания, с комбинированным приводом.

Классификация бурошнековых установок для сооружения подземных переходов большого диаметра представлена на рис.1.5 [9].

Таблица 1.2

Сведения об оборудовании для микротунеллирования на электронном рынке продукции и услуг

	Тип установки	Максимальный диаметр скважины, мм	Максимальная длина скважины, м	Усилие прямого хода, кН	Частота вращения, мин-1	Крутящий момент, кН·м	Тип привода / мощность, кВт	Производитель/ поставщик продукции (услуги)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Легкое оборудование								
1.	MINI – 20	200	25	60	-	0,63	Электро-гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
2.	HWP – 25	250	40	160	-	1,0	Электро-гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
3.	HWP – 27S	300	40	160	-	1,6	Электро-гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
4.	Wermeer PL 8000	300	95	39,9	-	1,22	16,2	ООО «Навигатор СБС» [11]
5.	CASE 300 CM	305	160	56,27	-	17,94	-	ГК «Фалькон» [12]
6.	CASE 6010 Turbo	305	210	51,15	-	20,33	44	ГК «Фалькон» [12]
7.	Ditch-Witch JT2720 Mach1	350	150	112,5	225	4,43	Дизельный / 83	ООО «Крепь» [13]
8.	HWP – 33	400	50	250	-	2,5	Электро-гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]

Продолжение табл.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9.	Robbins HDD 1510TMSC	500	180	73	120	2,85	Дизельный / 54	«Техмашэкспорт» [14]
10.	Grundodrill 103	500	400	-	-	-	-	«ГПР Инжстрой» [15]
Среднее оборудование								
11.	HWP – 51	508	50	600	-	6,3	Электро- гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
12.	ГБ 531	530	60	2000	34,7	18,9	Электрический / 52	ООО «Газстрой- машина» [16]
13.	Навигатор D 24x40	600	320	107,96	-	5,415	Дизельный / 92	ООО «Навигатор СБС» [11]
14.	CASE 6030 Turbo	610	450	136	242	5,42	Дизельный / 91	ООО «Ярославский подводник» [17]
15.	УБПТ-630/300	630	300	150	90	13,5	Дизельный / 51,5	«Радиант» [18]
16.	HWP – 80	800	50	1000	-	8,0	Электро- гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
17.	Robbins HDD 4515TMSC	800	450	214	130	7,05	Дизельный / 116	«Техмашэкспорт» [14]
18.	Robbins HDD 6015TMSC	800	610	285	120	19,0	Дизельный / 138	«Техмашэкспорт» [14]
19.	УГБ-4Э	820	120	980	45	18	Электро- гидравлический / 55	Горизонталь» [19]

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тяжелое оборудование								
20.	ГБ 1022	1020	60	2000	27,9	59,5	Электрический / 72,5	ООО «Газстрой-машина» [16]
21.	УГБ-5Э	1020	120	980	45	18	Электро-гидравлический / 75	«Горизонталь» [19]
22.	Robbins HDD 3010TMSC	1200	350	146	120	5,42	Дизельный / 93	«Техмашэкспорт» [14]
23.	Straightline 910	1200	900	37,2	100	1,49	Дизельный / 26,1	«Техмашэкспорт» [14]
24.	Straightline 3550	1200	900	136	135	7,55	Дизельный / 116	«Техмашэкспорт» [14]
25.	Robbins HDD 9030TLMSC	1200	900	445	85	29,8	Дизельный / 205	«Техмашэкспорт» [14]
26.	Robbins HDD 18030TLMSC	1200	1350	800	0 - 85	54,2	Дизельный / 336	«Техмашэкспорт» [14]
27.	HWP - 141	1400	60	2500	-	1,5 – 3,0	Электро-гидравлический	ООО «Северная перспектива» [10]
28.	Robbins HDD 25030TLMSC	1500	1520	1100	0 - 85	65	Дизельный / 392	«Техмашэкспорт» [14]
30.	УГБ-17	1720	120	1600	-	-	Дизельный / 132,5	КрЭМЗ [20]
31.	ГБ 1423	1720	60	4900	-	-	Электрический / 60	ООО «Газстрой-машина» [16]

Современные требования к проходческим комплексам определяются поставленной задачей, грунтовыми условиями и геометрическими размерами возводимой скважины. К конструкции проходческого агрегата эти требования следующие:

- высокая эксплуатационная надежность;
- разрушение грунта и твердых включений;
- бурение скважин различного диаметра одним агрегатом;
- размельчение разработанного материала до размеров, пригодных к транспортировке;
- возможность очистки рабочего органа;
- крепление образованной выработки;
- возможность обратного хода;
- возможность изменения скорости и усилия подачи бурового инструмента;
- проходка намеченного участка без необходимости в техническом обслуживании.

Выдвигаются также специфические требования к устройствам для транспортирования грунта, заключающиеся в следующем:

- возможность транспортирования связного и рыхлого материала;
- соответствие объема разработанного и транспортируемого грунта;
- максимальная длина транспортировки;
- простота и надежность соединений узлов оборудования при проведении проходческих работ;
- исключение возможности образования пробок.

Практика разработки скважин для прокладки трубопроводов диаметром 800 - 1200 мм и более показала абсолютное преобладание комплексов, осуществляющих разработку грунта буровым инструментом различной конструкции с одновременной прокладкой трубы-кожуха. Другие методы (прокол, продавливание) реализуются в основном для прокладки труб малого диаметра, в частности, менее 100 мм.

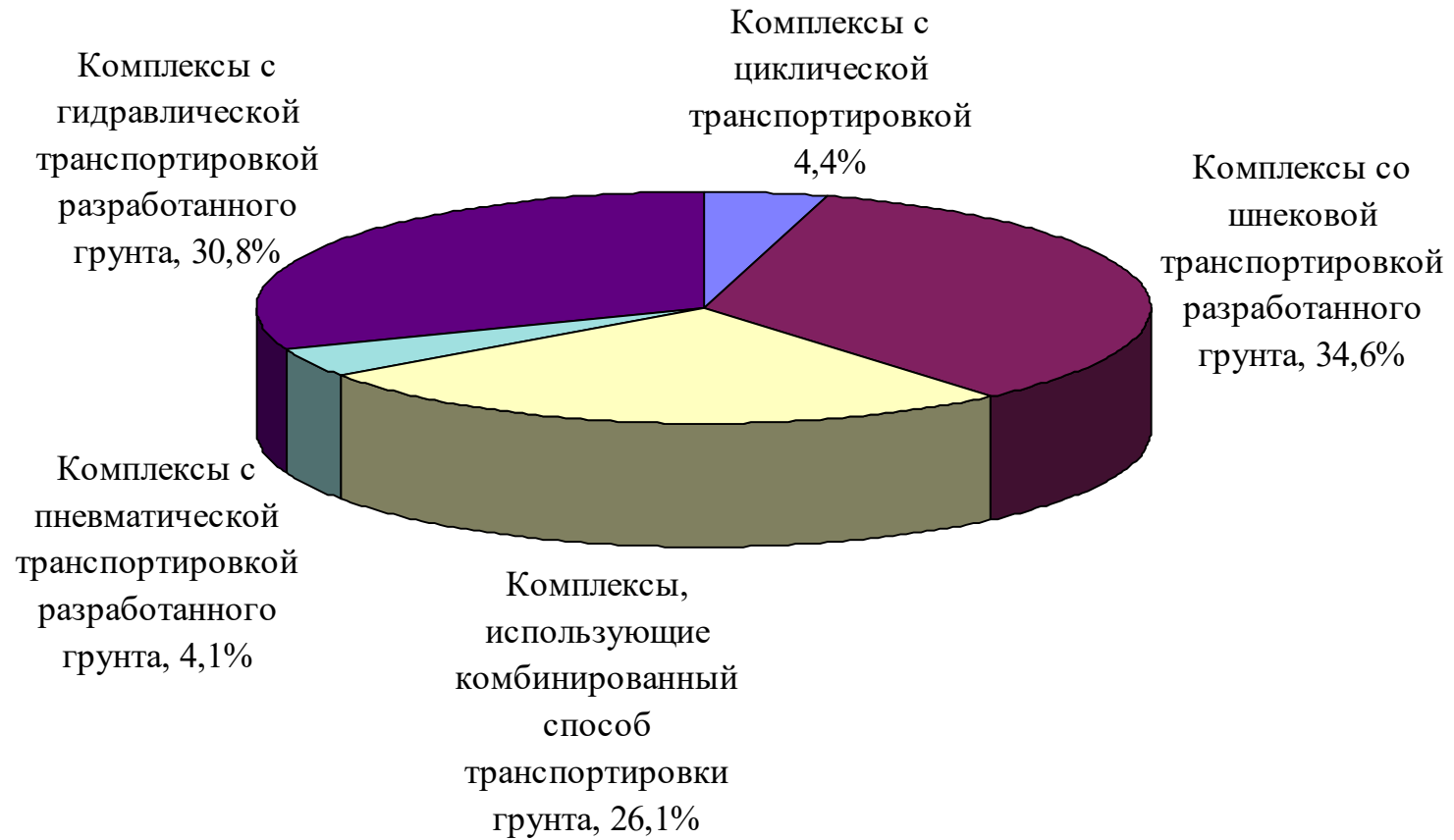


Рис. 1.6. Использование различных способов транспортирования грунта проходческими комплексами для горизонтальных скважин (опыт России и Германии)

Анализа конструкций устройств транспортирования разработанного грунта (рис. 1.6), применяемых на бурошнековых машинах для проходки горизонтальных скважин (опыт России и Германии), выявил, что предпочтение отдается способу транспортировки грунта с помощью шнековых устройств (34,6% технических решений), а также гидротранспортировке (30,8% технических решений) и пневмотранспортировке (4,1% решений) - вследствие специфических преимуществ, присущих каждому из этих способов. В то же время имеются попытки создания ряда технических устройств, использующих комбинированно положительные свойства двух основных способов транспортировки (26,1%). На долю циклических способов транспортировки (контейнерный и др.) приходится лишь 4,4%.

Способ бурения горизонтальных скважин путем механического разрушения забоя и удаления продуктов бурения шнековым ставом реализован в целом ряде машин, созданных в России. К ним относятся установки УГБ-2, УГБ-4, УГБ-5, ГБ-1421, ГБ21621, установки конструкции трестов «Уралсибтрансстрой», «Оргтехстрой», «Главкузбассстрой», Кузбасского государственного технического университета.

Кафедрой горных машин и комплексов КузГТУ с 1970 года по настоящее время накапливается большой опыт проектирования и эксплуатации в промышленности бурошнековых установок. Разработаны технологические схемы, приемлемые для проходки горизонтальных и слабонаклонных скважин, нашедшие экспериментальное и практическое применение [21 - 29]. В свете вышеуказанных требований большое внимание уделяется вопросам совершенствования эксплуатации бурового инструмента, предназначенного для передачи крутящего момента и усилия подачи от бурошнековой машины на забой горизонтальной скважины и обеспечения разрушения [30 - 34], а также средствам погрузки и транспортирования буровой мелочи к устью скважины [35 - 39].

В результате правильно выбранной технической политики, соответствующей данным, изложенным выше, успешно осуществлены промышленные внедрения в условиях трестов «Уралэнергострой»,

«Кузбассэнергострой» бурошнековых комплексов, созданных на базе установки УБСР-25, буровых станков БГА-2, БГА-4, БГА-2М, обеспечивших бестраншейную прокладку подземных переходов в условиях энергетических объектов и плотной застройки.

Вместе с тем, опыт применения бурошнековых агрегатов позволил выявить ряд проблем, связанных с эксплуатацией:

1) ухудшение работы шнекового става при работе с вязким грунтом. Это проявляется в недостаточной интенсивности перемещения продуктов разрушения при работе в ряде режимов, а иногда и в невозможности обеспечения перемещения;

2) ограниченная дальность транспортировки разбуренного грунта шнековых буровым ставом. Удлинение шнекового става, повышенные требования к прочности и надежности приводят к увеличению массы оборудования, а, следовательно, к увеличению потерь на холостое трение. Это существенно влияет на требуемую мощность привода установки [6, 25]. Повышенные габариты и масса влияют также на трудоемкость доставки и монтажа элементов бурошнекового оборудования. В связи с возникающей необходимостью в проведении скважин длиной 100-150 м и более возникает необходимость в снижении затрат энергии на бурение;

3) интенсивный износ шнеков, определяемый воздействием на их поверхность транспортируемого грунта, а также в значительной мере их взаимодействием со стенками скважины или инвентарной обсадной трубы – в случае, если шнековый став относительно них не отцентрирован;

4) разрыв технологической цепи транспортирования продуктов бурения, связанный с отсутствием в имеющихся бурошнековых системах механизированных средств, обеспечивающих механизированную уборку разработанного грунта от шнекобуровой машины и его выдачу со дна котлована на бровку или в транспортное средство;

5) недостаточная надежность опорно-якорных и опорно-центрирующих устройств бурошнекового става, подшипниковых узлов редуктора и бурового

замка делающая невозможным длительное бурение без технического обслуживания;

б) отсутствие установившейся системы диагностики, технического обслуживания и ремонта, что не позволяет планировать данные мероприятия.

1.3. Влияние структуры и условий эксплуатации на формирование отказов узлов и агрегатов бурошнековой машины

Увеличение потребностей в подземных коммуникациях влекут за собой повышение требований к оборудованию для их сооружения, причем не, только технических, но и эксплуатационных, которые связаны с повышением требований в отношении эксплуатационной надежности. Это влечет за собой внедрение прогрессивных стратегий обслуживания, что становится необходимым элементом для эффективной эксплуатации оборудования данного типа. Основное направление совершенствования стратегии обслуживания и повышения уровня эксплуатационной надежности бурошнековых установок связано с обеспечением бесперебойной работы, исключением внеплановых простоев и снижением расходов на поддержание работоспособного состояния комплектов бурового оборудования. Разнообразие конструкций, условий сооружения горизонтальных скважин делает невозможным применение статистических методов в организации обслуживания бурошнековых машин.

В работе [40] отмечено, что горные машины для открытых работ имеют значительный срок службы (ввиду их габаритов и стоимости), относятся к высоконагруженным, физически быстро стареющим объектам, которые за срок службы подвергаются многочисленным текущим и нескольким капитальным ремонтам, в результате чего их технические характеристики ухудшаются. Вместе с тем горные машины для открытых работ являются уникальными, зачастую они изготавливаются в единственном экземпляре или небольшими партиями. Поэтому

для ряда горных машин или их составных частей не существует достаточно эффективных и обоснованных стратегий выполнения адаптивных планово-предупредительных ремонтов, учитывающих фактическое состояние элементов машины, изменчивость конкретных условий эксплуатации и состояние других горных машин, входящих в комплекс оборудования. Данное положение справедливо и для комплектов бурошнекового оборудования, которое зачастую выпускается в единичном экземпляре под требования заказчика.

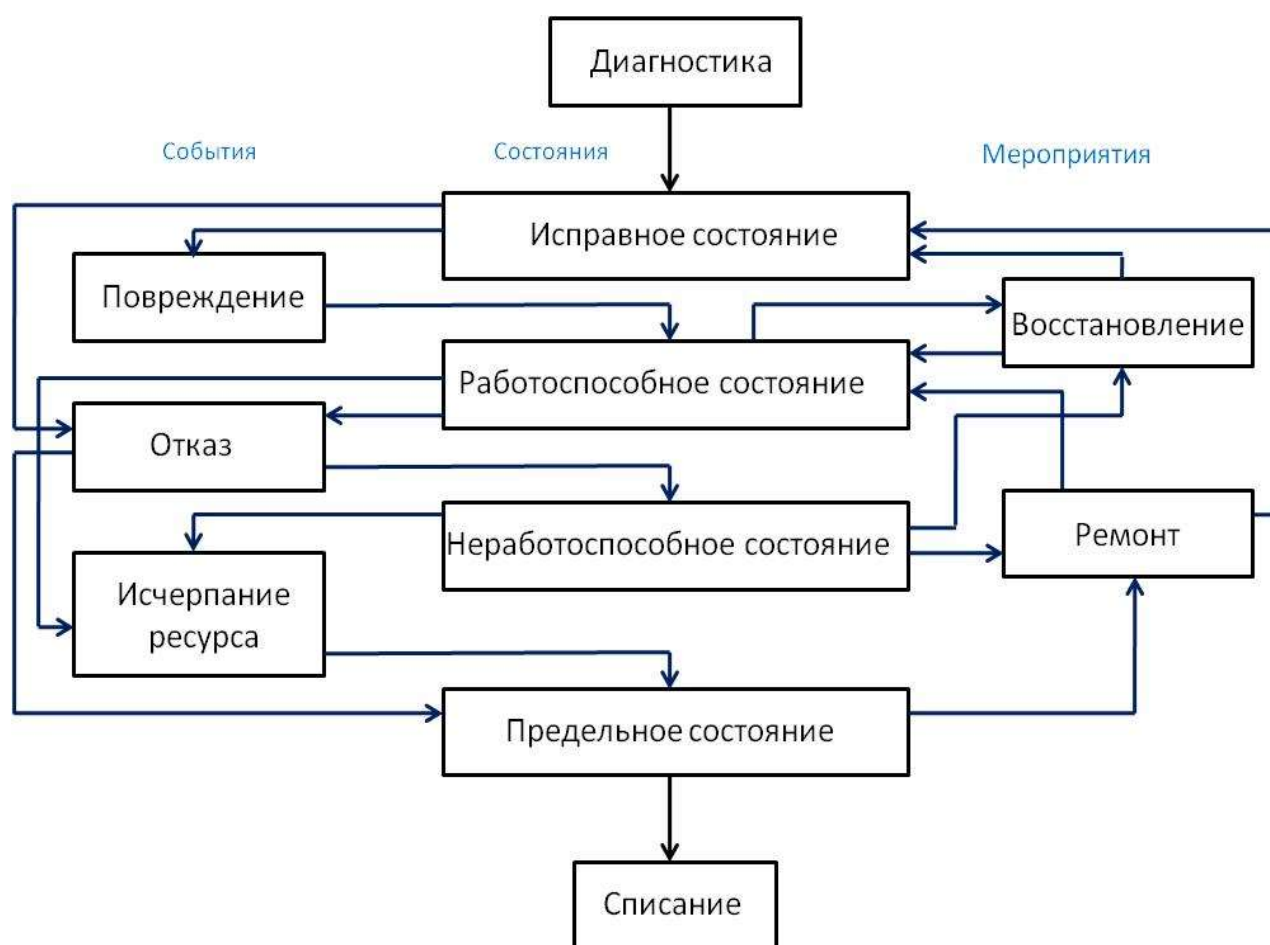


Рис. 1.7 Классификация состояний элементов оборудования БШМ

В процессе эксплуатации бурошнековых машин для бестраншейной прокладки коммуникаций возникают ситуации, которые могут привести к снижению эффективности работы или к отказу оборудования (рис. 1.7). Отказы бурошнековых машин могут вызвать нежелательные социальные, экономические, экологические последствия. Это обусловлено деграционными процессами, протекающими в составляющих узлах.

Под деградационным понимается механо-физико-химический процесс, протекающий в материале или детали, обуславливающий изменение технического состояния и приводящий к прекращению функционирования и/или нарушению безопасности эксплуатации [41,42].

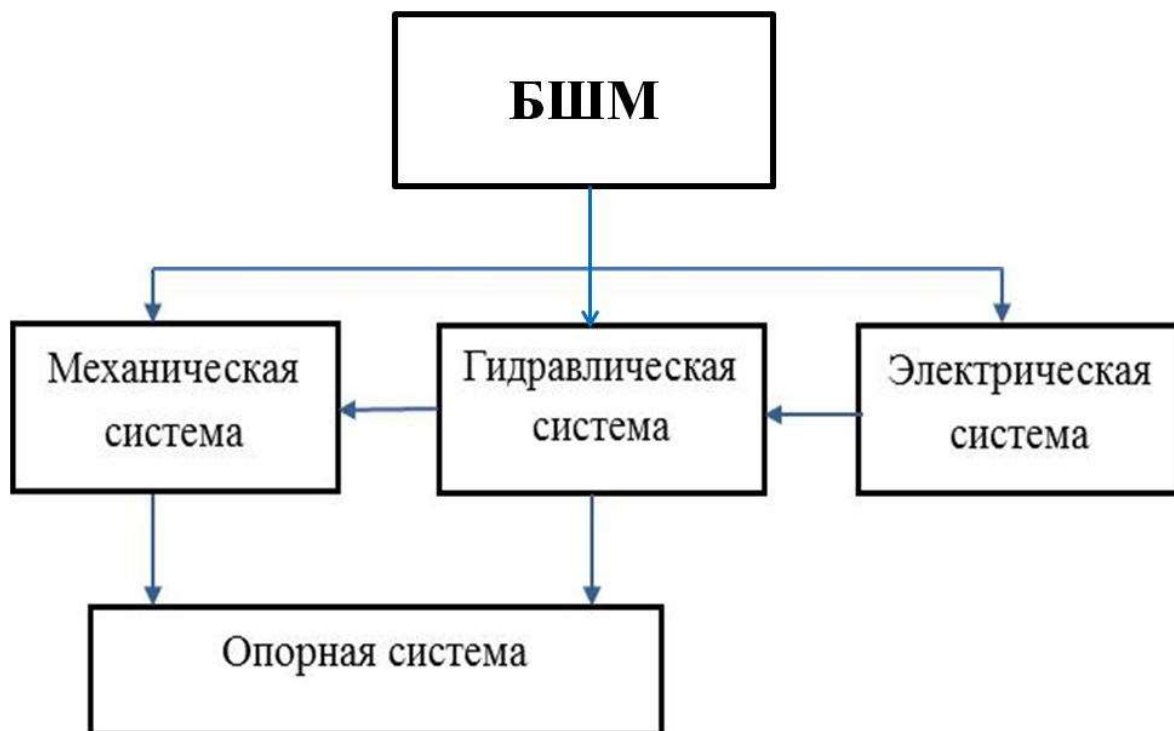


Рис. 1.8. Схема взаимодействия составляющих систем буровнековой машины

Буровнековую машину можно представить, как единую систему, состоящую из ряда подсистем (рис. 1.8), каждая из которых обладает своими свойствами и закономерностями возникновения отказов.

Предотвращения отказов буровнековых машин в значительной степени зависит от прогнозирования технического состояния, которое определяется рядом факторов, обуславливающих протекание деградационных процессов. Данная задача осложнена тем, что информация об отказах и закономерностях их происхождения и развития отсутствует.

1.4. Обоснование приоритетных показателей работоспособности узлов буровнекового оборудования

Работу буровнекового оборудования можно описать многофакторной моделью учитывающей, как конструктивные особенности оборудования, так и технологические процессы сооружения горизонтальной скважины (разрушение и транспортирование породы, прокладка обсадной трубы и др.). Выбор этих параметров помогают определить рациональную область применения буровнекового оборудования.

Для сбора и анализа факторов, влияющих на функционирование буровнекового оборудования предлагается принципиальная схема (рис.1.9), в создание которой были положены модели, предложенные проф. Позиным Е.З. и проф. Линником Ю.Н. [43, 44] для описания функционирования шнековых исполнительных органов очистных комбайнов (рис.1.9).

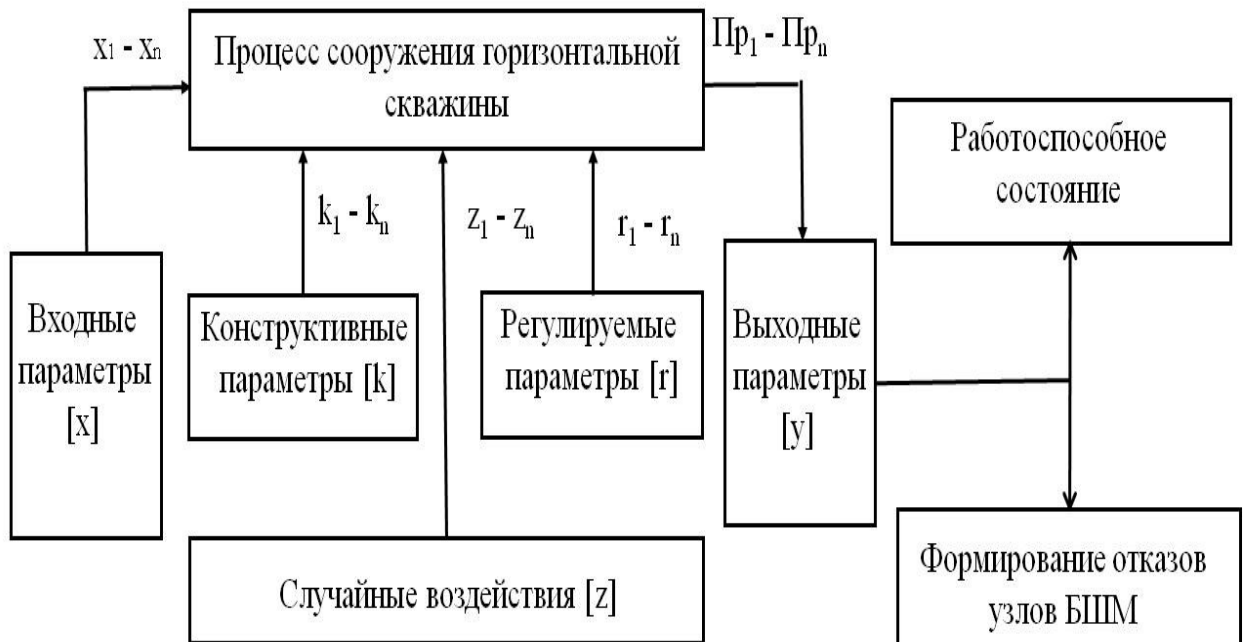


Рис.1.9. Схема формирования надежности и эффективности работы буровнековой машины

В соответствии со схемой, приведенной на рис.1.9 работа бурошнековой машины характеризуется процессом сооружения горизонтальной скважины и процессом формирования отказов, которые находятся во взаимодействии с группами факторов, влияющих на функционирование всей технической системы.

Для описания работы бурошнекового оборудования используются следующие группы факторов:

- входные параметры (x) – характеризуют свойства грунта, в котором предполагается сооружать горизонтальную скважину (прочность, влажность, структурная неоднородность) т.е. те параметры, которые могут повлиять на формирование условий для возникновения отказов;
- выходные параметры (y) – характеризуют фактическое состояние оборудования и состояние сооружаемой скважины. К ним можно отнести энергоемкость процесса бурения, скорость бурения, уровень вибрации, соответствие заданному направлению, диаметр скважины, технологическая схема бурения, объем выбуриваемого массива;
- конструктивные параметры (k) – характеризуют технические возможности бурошнековой машины (геометрические размеры, конструкция исполнительного органа, длина и диаметр секции шнекового става, масса оборудования). Эта группа параметров формируется при проектировании бурошнековой машины и не изменяется в процессе эксплуатации;
- регулируемые параметры [r] – эта группа параметров имеет возможность изменяться в процессе эксплуатации (частота вращения става, давление в гидросистеме, потребляемая мощность, скоростно-силовая характеристика механизма подачи) для получения оптимальных выходных параметров;
- случайные воздействия [z] – эта группа параметров носит случайный характер и не подлежит какому-либо прогнозированию. В первую очередь это относится к неоднородности массива, в котором сооружается скважина. Наличие техногенных загрязнений может существенно замедлить процесс бурения или остановить его вовсе. Также это относится и к комплектующим расходным элементам (пальцы, буровые замки). Наличие дефектов, связанных с

качеством материала и изготовлением, может привести к возникновению отказов, приводящих к аварийным остановкам бурошнекового оборудования.

Для того, чтобы количественно оценить параметры функционирования бурошнекового оборудования, возможно, использовать большое количество показателей. Согласно [45] все показатели делятся на следующие группы:

- по полноте оценки;
- по значимости;
- по области анализа;
- по способу выражения.

Каждая группа параметров, описывающая функционирование бурошнековой машины, содержит значительное количество показателей, анализ которых займет длительный период. Поэтому необходимо выделить такую группу показателей, которая бы наиболее полно характеризовала процесс сооружения горизонтальной скважины. Для определения наиболее значимых показателей возможно применить метод ранговой корреляции. Он предусматривает выбор показателей и их ранжирование, обработку ранжирования и определение наиболее значимых показателей [46], получение обобщенного мнения на основании множественных суждений специалистов.

Метод обработки универсален и включает четыре основных этапа:

- 1) преобразование результатов экспертных оценок в форму, пригодную и удобную для обработки (матрицу рангов);
- 2) анализ согласованности мнений экспертов;
- 3) выделение высоко согласованных подгрупп, характеризующихся близостью мнений, входящих в них экспертов;
- 4) синтез обобщенного мнения, состоящий в объединении частных оценок в общий итоговый показатель или группу показателей.

На основании опроса группы экспертов были составлены матрицы рангов для каждой группы факторов описывающих работу бурошнековой машины (табл. 1.3-1.7) и каждому показателю, была присвоена своя оценка.

Матрица рангов входящих параметров

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Прочность	7	7	4	8	2	5	3	1	7	6
	P2-Твердость	2	4	1	4	7	3	7	4	5	4
	P3- Влажность	3	2	7	1	1	2	6	3	1	3
	P4-Абразивность	1	3	3	2	8	1	4	5	4	1
	P5-Трещеноватость	4	5	6	3	4	6	2	6	2	5
	P6-Слоистость	8	1	2	5	3	4	1	2	3	7
	P7-Класс буримости породы	6	6	5	6	5	8	5	7	8	2
	P8-Структурная неоднородность	5	8	8	7	6	7	8	8	6	8

Таблица 1.4

Матрица рангов выходных параметров

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Соответствие оси скважины заданному направлению	5	1	1	4	1	1	2	3	1	5
	P2-Энергоемкость сооружения скважины	3	7	6	7	7	6	7	6	6	7
	P3-Диаметр скважины	4	2	2	2	2	3	1	4	4	4
	P4-Фактическая скорость бурения	1	4	3	5	4	4	5	5	3	3
	P5-Уровень вибрации	7	5	7	6	6	5	6	7	7	6
	P6-Объем выбуренной породы	2	3	4	1	3	2	3	2	2	1
	P7- Технологическая схема бурения	6	6	1	3	5	7	4	1	5	2

Матрица рангов конструктивных параметров

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Мощность привода	8	9	8	9	8	7	9	9	8	9
	P2-Давление в гидросистеме	3	4	4	2	2	3	5	4	6	4
	P3- Геометрические размеры	7	7	6	8	1	2	2	3	1	2
	P4-Количество гидроцилиндров подачи	4	5	3	5	7	5	4	5	2	1
	P5-Вид потребляемой энергии	9	8	9	6	9	4	8	6	4	5
	P6-Конструкция исполнительного органа	6	6	7	7	6	8	7	8	9	8
	P7- Габаритные размеры секции шнекового става	1	3	2	4	4	6	6	1	5	6
	P8-Длина хода гидроцилиндра подачи	5	2	1	3	3	9	1	2	7	7
	P9-Масса оборудования	2	1	5	1	5	1	3	7	3	3

Таблица 1.6

Матрица рангов регулируемых параметров

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Частота вращения шнекового става	2	1	2	3	2	1	2	3	1	2
	P2- Возможность изменения давления в гидросистеме	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4
	P3- Количество работающих гидроцилиндров подачи	3	2	1	2	3	2	1	2	2	1
	P4-Потребляемая мощность	6	6	6	4	6	6	6	4	6	6
	P5-Скорость подачи	1	3	3	1	1	3	3	1	3	3
	P6-Усилие подачи	4	4	5	6	4	4	5	6	4	5

Матрица рангов случайных параметров

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Неоднородность разрушаемого массива	2	3	2	1	3	1	3	3	3	3
	P2-Наличие техногенного мусора	6	6	5	5	6	4	7	5	5	6
	P3-Качество материала соединительных элементов	3	4	1	4	4	3	2	2	1	4
	P4-Наличие источника электроэнергии	5	5	4	3	5	2	5	4	2	2
	P5-Неучтенные коммуникации	7	7	6	7	7	5	6	7	7	7
	P6-Гидрогеологическая обстановка	4	1	3	3	1	6	1	1	4	1
	P7- Погодные условия	1	2	7	6	2	7	4	6	2	5

Для каждой матрицы вычисляется коэффициент конкордации, характеризующий согласованность ранжировок выполненных экспертами. Коэффициент конкордации является общим коэффициентом ранговой корреляции для группы, состоящей из n экспертов.

Диапазон значений $0 < W < 1$. При полной согласованности мнений, когда все эксперты дают одинаковые оценки, $W=1$. При полном отсутствии согласованности оценки совершенно случайны и $W=0$. В остальных случаях – чем больше W , тем выше согласованность экспертных ранжирований.

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^n T_j}, \quad (1.1)$$

где

$$T_j = \frac{1}{n} \sum_1^k (t_j^2 - t_j);$$

k – число групп одинаковых рангов в каждой ранжировке (так как, в оценках экспертов нет показателей с одинаковыми рангами, то $T_j=0$);

$$S = \sum_{i=1}^n d_i^2$$

$d_i = \sum_{j=1}^n q_{ji} - 0,5 n(m+1)$ - централизованная величина ранга каждого показателя;

$\sum_{j=1}^n q_{ji}$ - сумма рангов каждого показателя;

n – число специалистов;

m – число показателей.

Результаты расчета коэффициентов конкордации для каждой матрицы групп параметров, представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Значения коэффициента конкордации

Группа параметров	Значение коэффициента конкордации W
1. Входящие параметры	0,43
2. Выходные параметры	0,45
3. Конструктивные параметры	0,43
4. Регулируемые параметры	0,78
5. Случайные параметры	0,41

Значение коэффициента конкордации $W=0$ означает несогласованность мнений экспертов; если $W=0,40-0,50$, качество оценки считается удовлетворительным; при $W>0,70$ качество оценки считается высоким.

Установить значимость критерия конкордации можно с помощью критерия χ^2 (критерия Пирсона). Значение этого критерия зависит от числа степеней свободы (1.2) и доверительной вероятности (для расчетов была принята доверительная вероятность $P=0,90$).

$$v = m - 1 \quad (1.2)$$

$$\chi^2 = \frac{12S}{n \times m(m+1) - \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^n T_j} \quad (1.3)$$

Результаты расчета значений критерия χ^2 приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Значения коэффициента χ^2

Группа параметров	χ^2	$\chi_{\text{табл}}^2$
1. Входящие параметры	23,26	2,83
2. Выходные параметры	38,6	2,20
3. Конструктивные параметры	39,20	3,49
4. Регулируемые параметры	34,20	1,61
5. Случайные параметры	35,16	2,20

При сравнении полученных значений χ^2 с табличными критическими значениями видно, что расчетные значения много больше табличных. Это говорит о том, что существует полная согласованность экспертов при ранжировании факторов, влияющих на работу бурошнекового оборудования [47,48].

Для определения наиболее значимых факторов необходимо определить уровень значимости для каждой группы параметров – это можно осуществить, применив метод пропорциональных отношений. Число значимых показателей (h) равно числу слагаемых числителя пропорционального отношения

$$\frac{\sum_{i=1}^h V_i}{\sum_{k=h+1}^n V_k} \geq 1 \quad (1.4)$$

где $V_i = K_n - K_i$; $V_k = K_n - K_k$ – веса i -го и k -го показателей;
 K_n, K_i, K_k - суммы рангов n -го, k -го и i -го показателей.

Для определения числа значимых показателей строятся гистограммы ранжирования (рис. 1.10-1.14).

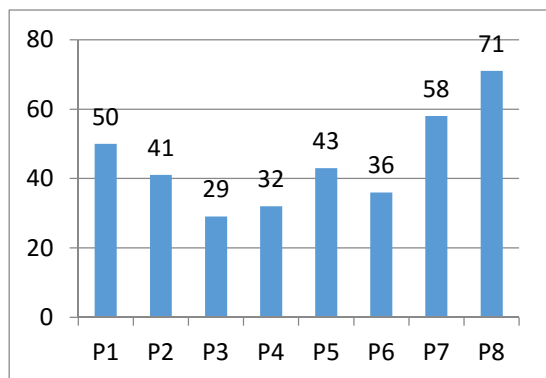


Рис. 1.10. Гистограмма ранжирования входных параметров

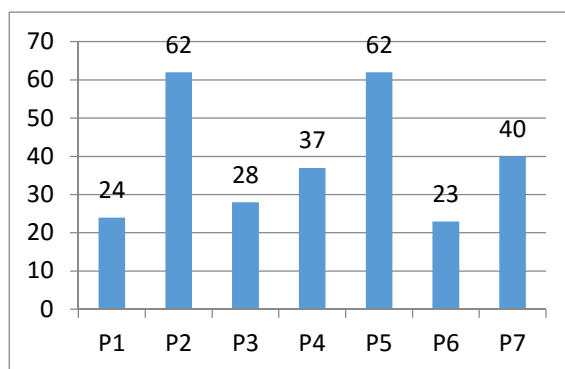


Рис. 1.11. Гистограмма ранжирования выходных параметров

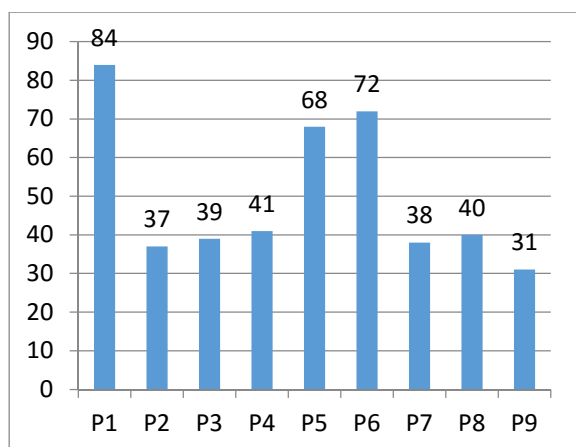


Рис. 1.12. Гистограмма ранжирования конструктивных параметров

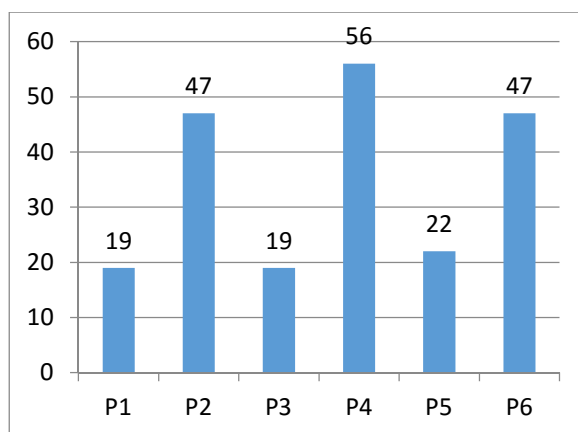


Рис. 1.13. Гистограмма ранжирования регулируемых параметров

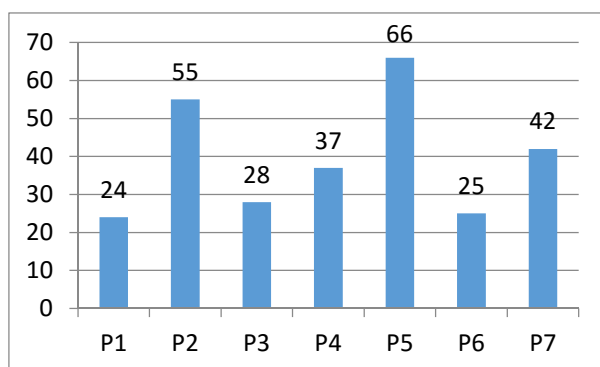


Рис. 1.14. Гистограмма ранжирования случайных параметров

После определения количества значимых факторов определяется уровень значимости по следующим выражениям:

$$K_{\text{зн}} = \begin{cases} K_h & \Delta\{K\}_1 > \Delta\{K\}_2 \\ K_i + \frac{K_n \cdot h}{n} & \Delta\{K\}_1 < \Delta\{K\}_2 \end{cases}, \quad (2.5)$$

где $\Delta\{K\}_1 = \frac{K_h - K_i}{h}$ - среднее значение размаха распределения сумм рангов;

$\Delta\{K\}_2 = \frac{K_n - K_{h+1}}{n - h}$ - среднее значение размаха распределения несущественных показателей.

Результаты расчетов $K_{\text{зн}}$ представлены в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Результаты расчета уровня значимости

Группа параметров	Количество значимых факторов h	$\Delta\{K\}_1$	$\Delta\{K\}_2$	$K_{\text{зн}}$
1. Входные параметры	2	2.5	6.50	46,75
2. Выходные параметры	2	5.0	7.75	40,07
3. Конструктивные параметры	3	7.3	4.15	48,3
4. Регулируемые параметры	2	1.5	8.5	37.6
5. Случайные параметры	2	9.5	6.2	42,8

Сравнивая полученные значения $K_{\text{зн}}$ со значениями на гистограммах, выбираем те факторы, у которых значения $K_{\text{зн}}$ выше расчетного и из них составляется обобщенная матрица рангов (рис. 1.15) и аналогично определяем наиболее значимые показатели (табл. 1.11).

Обобщенная матрица рангов

Специалисты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели	P1-Прочность породы	9	8	10	12	11	7	12	6	11	5
	P2-Класс буримости породы	8	5	2	6	6	1	3	4	4	1
	P3- Структурная неоднородность массива	5	9	3	4	1	2	5	1	3	6
	P4 - Энергоемкость сооружения скважины	3	2	4	11	2	3	1	5	2	11
	P5 - Уровень вибрации	12	13	11	9	12	13	7	10	10	13
	P6 - Мощность привода	13	3	9	5	3	4	2	3	5	2
	P7 - Вид потребляемой энергии	6	9	8	1	10	12	8	11	9	12
	P8 - Конструкция исполнительного органа	7	6	7	10	13	5	6	12	6	7
	P9 - Возможность изменения давления в гидросистеме	2	1	1	13	4	8	13	9	7	8
	P10 - Потребляемая мощность	4	10	6	3	5	9	11	13	1	3
	P11 -Усилие подачи	1	4	5	2	7	6	4	2	8	4
	P12 - Наличие техногенного мусора	10	11	12	7	9	10	10	8	13	10
	P13 - Неучтенные коммуникации	11	12	13	8	8	11	9	7	12	9

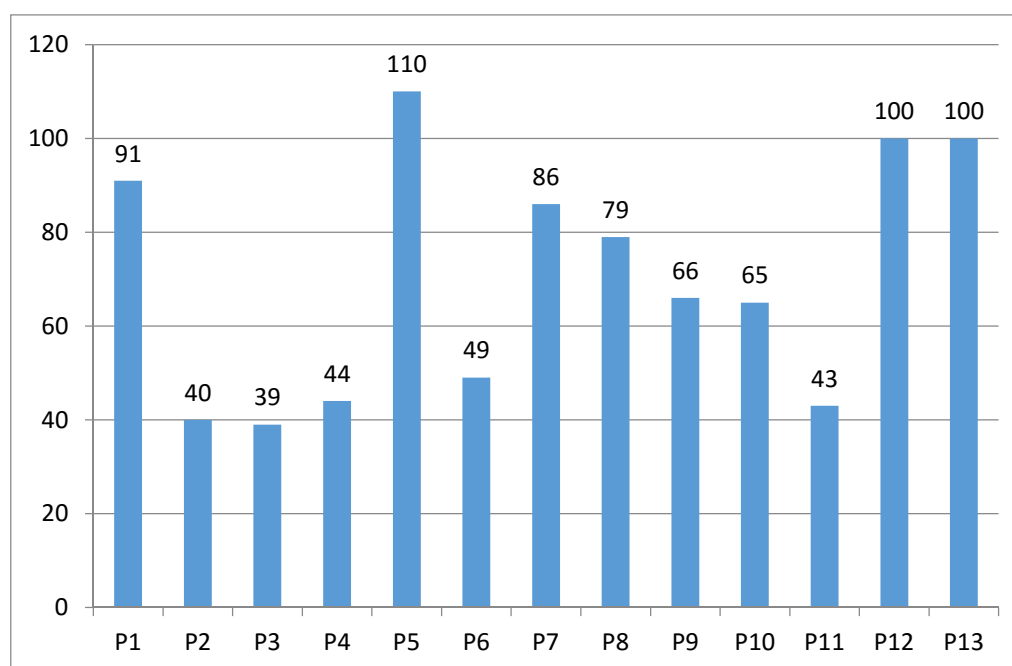


Рис. 1.15 Гистограмма ранжирования обобщенной матрицы

В результате обработки оценок данных экспертами в обобщенной матрице рангов получили следующие результаты:

$$W=0,53;$$

$$\chi^2=48,93;$$

$$K_{zn}=55,9.$$

К наиболее значимым показателям относятся:

P1-Прочность породы;

P5 - Уровень вибрации;

P7 - Вид потребляемой энергии;

P8 - Конструкция исполнительного органа;

P9 - Возможность изменения давления в гидросистеме;

P10 - Потребляемая мощность;

P12 - Наличие техногенного мусора;

P13 - Неучтенные коммуникации.

Определенная при помощи метода ранговой корреляции группа значимых показателей позволит определить метод диагностики для определения фактического технического состояния узлов оборудования буровых машин.

1.5. Выводы

1. Установлено, что из всего многообразия бестраншейных способов сооружения горизонтальных скважин, для скважин диаметром от 500 мм и длиной до 100 м рационально использовать буровую технологию ведения работ.

2. Выявлено, что, отсутствие данных о протекании деградиационных процессов в узлах комплекта бурового оборудования делает невозможным осуществить оценку его фактического технического состояния.

3. Обосновано, что применение метода ранговой корреляции позволяет определить группу показателей, которая наиболее полно характеризует фактическое состояние бурового оборудования.

4. Прочность породы, уровень вибрации и техногенные факторы оказывают наибольшее воздействие на техническое состояние бурового оборудования и процесс сооружения горизонтальной скважины.

2. Обоснование метода диагностики технического состояния бурошнекового оборудования

2.1. Анализ методов неразрушающего контроля оборудования бурошнековых машин для диагностики технического состояния

Бестраншейные технологии находят все большее применение для создания подземной инфраструктуры. Основу механизации работ по сооружению горизонтальных подземных скважин составляют комплекты бурошнекового оборудования, поэтому сохранение работоспособного состояния бурошнековой машины является основополагающим для успешного проведения работ. Затраты на обслуживание и поддержание работоспособного состояния, за весь срок службы, могут превосходить стоимость нового оборудования до 10 раз. Снижение затрат возможно за счет внедрения современных методов диагностирования и исключения аварийных отказов оборудования, которые, как правило приводят к длительным простоям.

В результате диагностирования оборудования определяется остаточный ресурс, сроки проведения технического обслуживания и целесообразность его проведения, намечаются сроки проведения работ. Современное состояние способов диагностирования механизмов, применяемых в различных отраслях народного хозяйства не нуждаются в разработке новых теоретических решений, а заключаются в поиске новых сторон практического применения существующих решений [49].

Современные методы диагностики позволяют проследить весь цикл создания оборудования, от изготовления детали до промышленных испытаний, определять зарождение дефекта на самых ранних стадиях, контролировать протекание различных деградиационных процессов. Все диагностические методы разделяются на тестовые и функциональные [50].

Тестовые методы не приемлемы, так как требуют вывода оборудования из эксплуатации, что не представляется возможным. Поэтому для определения фактического технического состояния бурошнековых машин рационально применять методы функциональной диагностики, классификация которых представлена на рис. 2.1 [51].



Рис.2.1 Классификация методов функциональной диагностики

Визуальный и измерительный контроль. Визуальный и измерительный контроль (ВИК) относится к числу наиболее дешевых, быстрых и в тоже время информативных методов неразрушающего контроля. Этот метод контроля предшествует всем остальным методам. Он основан на получении первичной информации о контролируемом объекте при визуальном исследовании технического объекта или с помощью средств измерений (линейки, шаблоны и т.п.) и оптических приборов, ГОСТ 23479-79 «Контроль неразрушающий» [52].

Внешним осмотром (ВИК-ом) проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, качество выполнения швов в процессе сварки и качество готовых сварных соединений оценивают внешний вид оборудования, определяют наличие утечек и прочие видимые дефекты. ВИК используют независимо от применения других видов контроля.

Визуальный контроль во многих случаях достаточно информативен и является наиболее дешевым и оперативным методом контроля. Только после проведения визуального контроля и исправления недопустимых дефектов сварные соединения подвергают контролю другими физическими методами (рентгеновский контроль, ультразвуковой контроль) для выявления внутренних дефектов [53].

Несмотря на техническую простоту, основательный подход к проведению визуального контроля, предусматривает разработку технологической карты - документа, в котором излагаются наиболее рациональные способы и последовательность выполнения работ. Проведение измерительного контроля регламентируется инструкцией по визуальному и измерительному контролю - РД 03-606-03 [54]. В инструкции содержатся требования к квалификации персонала, средствам и процессу контроля, а также к способам оценки и регистрации его результатов.

Недостатком визуального осмотра является влияние на результаты оценки человеческого фактора (физическое и эмоциональное состояние контролера, утомляемость, состояние здоровья, профессиональные навыки и образование). Основным недостатком человеческого глаза является то, что при малой освещенности ему не помогают лучшие оптические приборы. Чаще всего осмотр проводится в условиях худшей освещенности, чем при дневном свете. Требования к освещенности для выполнения различных работ приведены в [55].

Анализ шумов механизма. В результате естественного износа в узлах механизма появляются зазоры, что приводит к соударению деталей во время работы. Взаимодействие контактирующих деталей в узлах механического оборудования, определяет характер и степень повреждения механизма. Проявление этого процесса реализуется в виде распространения волн акустического диапазона, возник-

новения вибраций и других динамических явлений, приводящих к ускоренному износу деталей.

Скорость распространения звуковых волн зависит от плотности среды проводника. Скорость звука в воздушной среде составляет 340 м/с; в воде - 1500 м/с; в стали - 5000 м/с [56]. Отклонения уровня шума от «нормальной работы» позволяет обнаружить дефекты, представленные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Наблюдаемые отклонения акустических шумов:

№ п/п	Отклонение шума	Диагностируемое повреждение
1	Глухие толчки	- износ шпоночных или шлицевых соединений; - износ муфт и их элементов; - повышенный зазор в зубчатой передаче.
2	Слабые стуки низкого тона	- сколы шлицов; - ослабление шпоночного соединения; - несоосность соединительных муфт.
3	Резкий металлический звук	- повреждения соединительных муфт
4	Свистящий звук	- проскальзывание ременной передачи.
5	Частые резкие удары	- биение муфт; - не правильная сборка карданных валов.

Несмотря на то, что данный метод диагностики имеет широкое распространение, у него есть существенные недостатки:

- субъективная оценка повреждений;
- возможности человеческого слуха заметно ухудшаются на очень низких и очень высоких частотах;
- специалист не может проводить диагностику различных видов оборудования.

В настоящее время для анализа шумов применяют электронные стетоскопы, при помощи которых по частоте и силе звука судят о наличии и величине повреждений механизма.

Тепловизионный контроль. Метод анализа пространственного и временного распределения тепловой энергии (температуры) в физических объектах, включающий, как правило, построение тепловых изобразжений (термограмм)[57].

Основная задача тепловизионного контроля механического оборудования – определение механических деталей и узлов с увеличенной температурой, которые приводят к аварийным отказам и как следствию увеличению времени простоев. При помощи этого метода контроля возможно определение следующих видов дефектов [58]:

- выявление рабочих деталей и узлов, которые имеют пониженную или повышенную температуру по сравнению с остальным механизмом;
- механические повреждения, приводящие к перегреву и отказам оборудования;
- дефекты, вызванные недостаточной смазкой деталей и узлов;
- дефекты, вызванные нарушением центровки и балансировки оборудования, приводящие к перегреву;
- прочие дефекты.

Достоинство тепловизионного контроля заключается в том, что информацию, которую он позволяет получить, чаще всего нельзя получить никаким другим способом. Иные методы либо не существуют, либо применение их несравнимо дороже, либо они на порядки менее точны.

Из недостатков этого метода можно отметить то, что профессиональное оборудование имеет высокую стоимость.

Анализ состава рабочей жидкости. Статистические данные свидетельствуют о том, что примерно 40% отказов происходят из-за недостатка смазочного материала либо его загрязнение. Задача анализа состава рабочей жидкости имеет три основных направления [59]:

- входной контроль;
- анализ продуктов изнашивания;
- контроль качества смазочного материала.

Примеси содержащиеся в смазывающей жидкости отражают характер и интенсивность износа элементов механизма, смазываемых маслом, и характеризуются концентрацией частиц и химическим составом [60].

Качественный и количественный контроль продуктов износа и состояния смазочного материала позволяет установить источник поступления продуктов износа и продлить срок службы механизма благодаря своевременной замене отработанного масла.

Достоинства этого метода заключается в высокой точностью определения состава и концентрации примесей, что позволяет определить, какие детали подвержены разрушающим нагрузкам. К недостаткам можно отнести: низкую оперативность и высокую стоимость оборудования [60].

Вибрационная диагностика. Вибрация – такой вид механического движения, при котором каждая из точек тела совершает периодически повторяющиеся перемещения вблизи некоторого относительно неподвижного тела. Вибрация происходит под действием сил возбуждения, как внешних, так и внутренних имеющих различную природу возникновения.

Существует множество причин возникновения вибрации в узлах механического оборудования, основные из них это:

- дисбаланс;
- несоосность;
- износ деталей оборудования;
- скрытые дефекты деталей;
- воздействие различных внешних факторов.

Вибрационная диагностика— метод диагностирования механического оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, создаваемой работающим оборудованием, или являющейся вторичной вибрацией, обусловленной факторами, влияющими на работу механического оборудования. В зависимости от ча-

стотного состава вибрационного сигнала в вибродиагностике анализируется виброскорость, виброперемещение или виброускорение[61].

Вибродиагностическое обследование механического оборудования позволяет[62]:

- уточнить причины дефекта и условия его возникновения и развития;
- вовремя устранять дефекты и увеличить наработку оборудования;
- снизить интенсивность проявления дефекта;
- снизить затраты на техническое обслуживание;
- оценить эффективность мероприятий направленных на устранение дефектов.

Метод вибрационной диагностики нашел широкое распространение для обнаружения дефектов в подшипниках качения и скольжения, редукторных блоках, гидравлических системах, опорных системах, обнаружения дисбалансов [63, 64]

Достоинства метода вибрационной диагностики:

- возможность обнаружения неисправностей на самых ранних этапах возникновения;
- метод позволяет находить скрытые дефекты;
- метод не требует сборки-разборки оборудования и вывода оборудования из эксплуатации;
- малое время диагностирования;
- минимизация расходов на обслуживание оборудования.

Недостатки метода:

- особые требования к способу крепления датчика вибрации;
- сложность выделения вибрационного сигнала требует применения методов корреляционного и регрессионного анализа;
- зависимость параметров вибрации от большого количества факторов.

Оценив области применения, получаемую информацию, достоинства и недостатки вышеперечисленных методов функциональной диагностики и влияющие

на функционирование факторы, можно сделать вывод, что для определения фактического технического состояния бурошнекового оборудования рационально использовать метод вибрационной диагностики, так как при помощи него можно получить максимально полную информацию о процессах, происходящих в узлах исследуемого оборудования.

2.2. Взаимосвязь механические колебания с работоспособностью узлов и агрегатов бурошнековых машин

Работу любого механического оборудования можно описать колебательными процессами. Под колебательными (вибрационными) процессами следует понимать движение материального объекта (точки) около положения равновесия. Общий закон движения можно представить, как функцию изменения положения объекта в течение времени (3.1) или в частотной области (3.2).

$$x = f(t) \tag{3.1}$$

$$x = F(\omega) \tag{3.2}$$

Бурошнековое оборудование характеризуется многообразием конструктивных решений, но для большинства из них применяется схема двигатель – редуктор - буровой инструмент. Такая схема позволяет создавать бурошнековое оборудование с рациональным спектром возможностей под требования заказчика и конкретные условия производства буровых работ.

Существующие в настоящее время методы определения надежности механического оборудования, основанные на теории вероятностей и математической статистики, не позволяют оценить влияние колебательных процессов на изменение ресурса и эксплуатационной надежности бурошнекового оборудования. Пре-

вышение допустимого уровня колебаний вызывает в оборудовании: интенсивное накопление усталостных повреждений, пластические деформации, виброползучесть в элементах конструкции, нарушение нормального функционирования, потерю устойчивости силовых конструкций [65, 66].

Дефекты бурошнекового оборудования, обусловленные конструктивным, технологическим или эксплуатационным происхождением, определяют уровень вибрационного процесса. В общем случае параметр вибрации бурошнекового оборудования можно представить в виде:

$$P(t) = P_{HЧ}(t) + P_K(t) + P_{II}(t) + P_{Э}(t) + P_B(t) + P_{Ш}(t) \quad (3.3)$$

где $P_{HЧ}(t)$ – периодическое низкочастотное возмущение; $P_K(t)$ – кинематические возмущения; $P_{II}(t)$ – динамические возмущения; $P_{Э}(t)$ – экстраординарные возмущения; $P_B(t)$ – случайные возмущения от внешних источников; $P_{Ш}(t)$ – шумовые возбуждения.

Описание модели (3.3) при помощи алгебраических и дифференциальных уравнений практически невозможно, из-за её сложности, а упрощение или разбиение на более простые части приведет к искажению и снижению точности результатов исследования.

Вибрационные процессы, происходящие в механическом оборудовании, являются случайными временными функциями. Для работы с таким типом функций необходимо знать их вероятностные характеристики. Наиболее полную информацию о случайном процессе можно получить из n -мерной модели распределения вероятностей (3.4) или n -мерной функции плотности распределения вероятности (3.5) [67].

$$P_n(t_1, t_2, \dots, t_n; x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.4)$$

$$p_n(t_1, t_2, \dots, t_n; x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{d}{dx} P_n(t_1, t_2, \dots, t_n; x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.5)$$

На практике получить n -мерные функции чрезвычайно сложно, поэтому для инженерных исследований вибрационных процессов применяют одномерные и двумерные функции распределения.

Сведения о непрерывных законах распределения случайной величины

Закон	График плотности вероятности	Дифференциальная функция	Интегральная функция
Равномерный		$p(x) = \frac{1}{b-a}, \quad a < x < b$	$F(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & x > a \end{cases}$
Нормальный (Гауса)		$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$	$F(x_\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} \int_{-\infty}^{x_0} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx$
χ^2 -распределение (Пирсона)		$p(y) = \frac{2^{-\frac{n}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} y^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{y}{2\sigma^2}}$	$F(y) = \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{y^2}{2\sigma^2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}; y > 0$
Стьюдента		$p(z) = \frac{2}{B\left(\frac{1}{2}, \frac{n}{2}\right)} \frac{1}{(1+z^2)^{\frac{1+n}{2}}}$	$F(z) = 1 - \frac{I_1}{1+z^2} \left(\frac{1}{2}, \frac{n}{2}\right)$
Вейбулла		$p(x) = \alpha\beta x^{\alpha-1} e^{-\beta x^\alpha}$	$F(x) = 1 - e^{-\beta x^\alpha}$
Экспоненциальный		$p(x) = \beta e^{-\beta x}$	$F(x) = 1 - e^{-\beta x}$

Виброакустические процессы на интервале всего срока службы механического оборудования являются нестационарными процессами, т.е. их характери-

стики зависят от времени и для их описания могут быть использованы временные функции.

Для описания измерений с непрерывной случайной величиной используется плотность вероятности текущего значения и функция распределения вероятности [68]. Сведения о наиболее применяемых непрерывных законах распределения представлены в табл. 2.2. На практике, эмпирические законы распределения и функции распределения будут отличаться от теоретических, так как они являются случайными функциями.

Плотность распределения вероятности случайной величины оказывает большое значение на формирование диагностических признаков при проведении виброакустических исследований, поскольку форма закона распределения очень чувствительна к изменению структуры сигнала [67].

Одним из наиболее эффективных методов анализа виброакустических сигналов является спектральный метод, который основан на двойственной природе описания сигнала (во временной и частотной области). Между временным и частотным описанием существует следующая взаимосвязь [69]:

$$\begin{aligned} x(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) e^{\tau\omega t} d\omega; \\ x(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-\tau\omega t} dt \end{aligned} \tag{3.6}$$

называемая прямым и обратным преобразованием Фурье, физический смысл которого заключается в том, что если известна реализация колебательного процесса во временной области, то можно перейти к распределению амплитуд в частотной области. Фурье-анализ – это основа для получения спектральных характеристик вибрационного сигнала и других методов фильтрации (спектральный анализ, выделение когерентной составляющей, узкополосная фильтрация) волновых явлений [70].

2.3. Выбор средств измерения и метода обработки вибрационного сигнала при эксплуатации буровых машин

Наблюдение за вибрационным состоянием механического оборудования и прогнозирование его фактического технического состояния называется диагностическим контролем. В его состав входит регистрация вибрационного состояния объекта, наблюдение за изменением состояния и развитием дефектов, идентификация обнаруженных дефектов, прогноз технического состояния и остаточного ресурса диагностируемого оборудования [71].

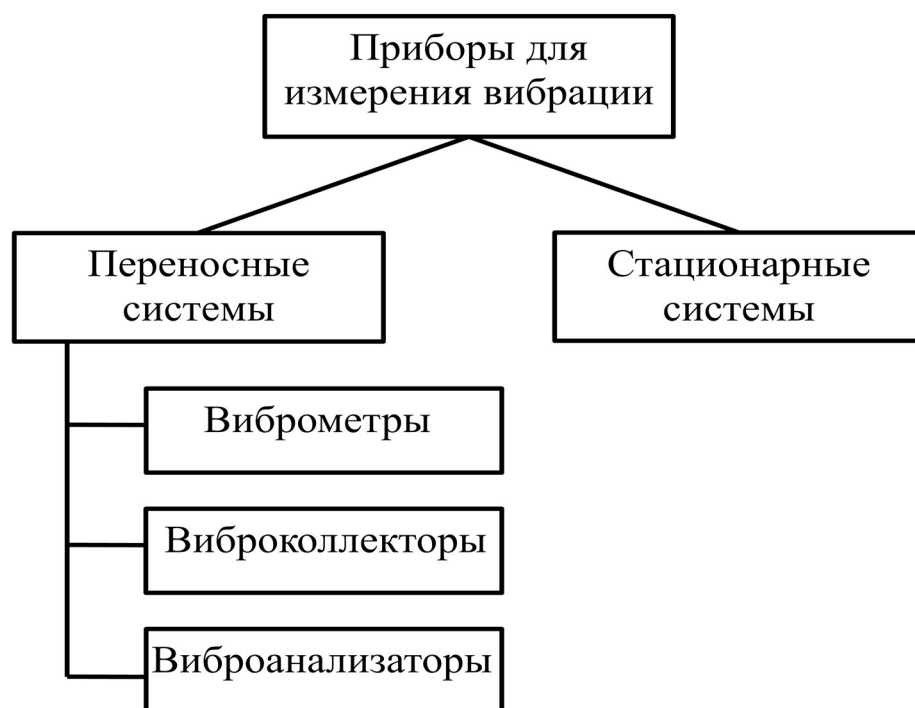


Рис.2.2. Классификация оборудования для выполнения вибрационного контроля

В настоящее время выпускается большое количество приборов для регистрации и обработки вибрационного сигнала, начиная от самых простых, заканчивая стационарными системами (рис. 2.2), которые обрабатывают значительные потоки информации. Выбор диагностического оборудования является весьма

важным моментом в организации вибрационного контроля оборудования. Потому что это влияет не только на объем затрачиваемых финансовых средств на приобретение оборудования и обучение персонала, но и на точность измерений, объем сохраняемой информации, набор требуемых функций, глубину исследования.

Самым простым инструментом для измерения вибрации являются виброметры (рис 2.3) [72]. Эти приборы предназначены для контроля и регистрации виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты синусоидальных колебаний механического оборудования.

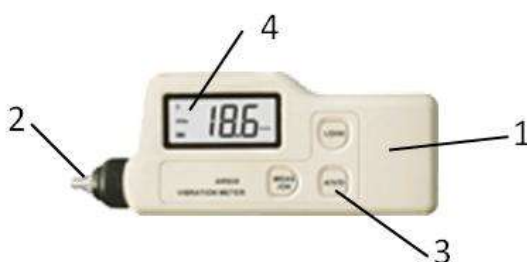


Рис.2.3. Виброметр цифровой AR63A1 – корпус; 2 – щуп; 3 – органы управления; 4 - дисплей

Благодаря своей компактности, малому весу и простому интуитивному управлению эти компактные приборы получили широкое распространение. Применение виброметров позволяет оперативно осуществить предварительную оценку состояния оборудования и не допустить возникновения аварийного отказа. Недостатками данного типа приборов являются: малый объем памяти, ограничение по измеряемым частотам и как следствие невозможность составления прогноза изменения технического состояния оборудования.

Виброколлекторы являются приборами для измерения вибрационного сигнала более высокого технического уровня (рис.2.4) [73]. Это, как правило, портативные одноканальные приборы для проведения виброизмерений со встроенными возможностями спектрального анализа, предназначенные для регулярной проверки технического состояния механического оборудования.



Рис. 2.4 Виброколлектор STD-5101 – корпус; 2 – органы управления; 3 – дисплей; 4 – датчик вибрации; 5 – установочный магнит

Денный тип приборов позволяет:

- измерять уровень вибрации в соответствии с ГОСТ(ISO);
- Контролировать состояние подшипников;
- Собирать и хранить данные;
- Передавать данные на ПК для глубокого анализа с использованием специализированного программного обеспечения;
- Проводить спектральный анализ на месте.

Не смотря на достаточно широкое распространение и расширенные функциональные возможности по сравнению с виброметрами, виброколлекторы не позволяют осуществлять полный вибрационный анализ механического оборудования.

Из всех переносных приборов для измерения вибрационного сигнала наиболее функционально оснащенными являются виброанализаторы (рис. 2.5) [74]. Они позволяют не только регистрировать и хранить информацию, но и провести предварительный анализ технического состояния оборудования.

Современные виброанализаторы позволяют проводить:

- Продвинутой вибрационный анализ

- Кросс-анализ по двум каналам
- Анализ переходных процессов
- Динамическую балансировку
- Лазерную выверку соосности
- Мониторинг электродвигателей



Рис. 2.5 Виброанализатор Оникс1 – корпус; 2 – органы управления; 3 – дисплей;

Виброанализаторы позволяют быстро и точно идентифицировать развивающиеся дефекты и неисправности и определить причины их возникновения в условиях ограниченных людских ресурсов и сокращённых бюджетов.

Для особо ответственного оборудования или оборудования, у которого дефекты могут развиваться за достаточно короткий (часы, минуты) период времени, целесообразно применять стационарные или полустационарные системы вибромониторинга (рис. 2.6) [75].

В зависимости от скорости развития деграционных процессов контроль параметров можно осуществлять непрерывно или с определенной периодичностью. Помимо мониторинга, стационарные системы позволяют организовать защиту оборудования по параметрам вибрации, что поможет предупредить сложные и дорогостоящие поломки.

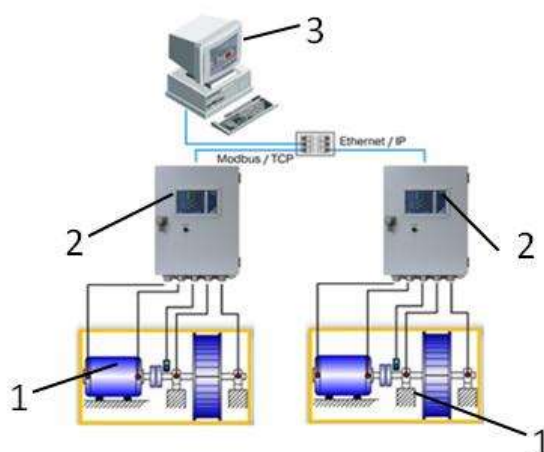


Рис.2.6 Система непрерывного контроля оборудования по параметрам вибрации 1 – контролируемое оборудование; 2 – блок сбора информации; 3 – блок обработки информации

Стационарные системы выполняют не только постоянный сбор данных о вибрации, но и выполняет оперативную диагностику и хранение информации. Стационарно расположенные датчики позволяют проводить вибрационный анализ оборудования, расположенного на недоступных участках и на производствах, опасных для здоровья человека.

Контроль вибрации – один из наиболее эффективных методов диагностирования узлов оборудования буровых машин и определения фактического технического состояния и оценки степени повреждения. Самым важным этапом диагностирования является принятие решения о состоянии оборудования. Для этого необходимо обработать зарегистрированный вибрационный сигнал и извлечь из него всю необходимую информацию. Обработка вибрационного сигнала осуществляется при помощи математических методов к которым относятся: Пик-фактор, выделение огибающей, вейвлет анализ, эксцесс, спектральный анализ, кепстральный анализ.

Пик - фактор – это отношение максимального (пикового) значения вибрационного сигнала к его среднеквадратичному значению. При помощи этого метода, с высокой степенью вероятности, определяется двухнедельный остаточный

ресурс подшипников качения в случае прохождения функции Пик-фактора через максимум. Данный метод обработки вибрационного сигнала требует многократных замеров и не подходит для механизмов со сложной кинематикой.

Выделение огибающей. Данный метод обработки вибрационного сигнала очень чувствителен к дефектам и позволяет определять дефекты на самых ранних стадиях его зарождения. Он основан на выделении модулирующего низкочастотного сигнала, в котором содержится информация о состоянии подшипника или зубчатой передачи. Алгоритм обработки и анализа реализуется с использованием компьютерной техники, поэтому этот метод целесообразно использовать в стационарных системах мониторинга фактического технического состояния оборудования.

Вейвлет анализ- преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа, типичный представитель которого – классическое преобразование Фурье. Полученные вейвлет - спектрограммы принципиально отличаются от обычных спектров Фурье тем, что дают четкую привязку спектра различных особенностей сигналов ко времени. Но трудоемкость и сложность интерпретации результатов, полученных в результате вейвлет преобразований, делает этот метод нецелесообразным для применения в оперативной диагностике фактического технического состояния.

Эксцесс - это отношение уровня вибрации генерируемо дефектом подшипника к среднему уровню вибрации. При помощи этого метода обработки вибрационного сигнала прослеживается динамика развития дефекта. Особенно эффективен для диагностирования подшипников скольжения. При отсутствии дефекта во всех полосах частот эксцесс стремится к нулю, начальное повреждение отражается в изменении низких частот, а более развитое перемещается в высокочастотную область. Данный метод не позволяет определять тип повреждения и не эффективен для тихоходных передач с частотой вращения ниже 300 мин^{-1} .

Спектральный анализ основан на разложении функции (вибрационного сигнала) в ряд. Периодически повторяющийся сигнал гармонического колебания представляется в виде двух квадратурных составляющих: косинусной и синусной с нулевыми начальными фазами. Это разложение периодической функции (вибрационного сигнала) в бесконечный ряд тригонометрических функций называется рядом Фурье, а функции ряда называются гармониками. Совокупность частот гармонических составляющих называется частотным спектром колебательного процесса.

В процессе диагностирования бурошнековой машины при помощи спектрального анализа локализуются источники вибрации и определяются причины их возникновения, помимо этого на основе спектрального анализа строятся прогностические модели изменения фактического технического состояния контролируемого оборудования. Данный метод реализован во многих современных вибродиагностических приборах.

Кепстральный анализ - это такое математическое преобразование, когда спектральному преобразованию подвергается спектр функции. Кепстральный анализ применяют для сигналов, представляющих собой свертку двух временных функций, причем таких, что после преобразования их в спектр они образуют неперекрывающиеся импульсы. Кепстральный анализ в значительной степени нечувствителен к изменениям фазы исследуемых сигналов и к особенностям путей распространения механических колебаний. Кепстральную обработку целесообразно применять при значительном превышении вибрационного сигнала сигнала над шумом.

Анализ средства и методов диагностики, показал, что для узлов оборудования бурошнековых машин, целесообразно применение методов вибродиагностики, так как регистрируемый вибрационный сигнал несет в себе информацию, которая характеризует фактическое техническое состояние исследуемых узлов, а изменение технического состояния объективно отражается в параметрах вибрационного сигнала. При обработке вибрационных сигналов широко применяется

спектральный анализ [68, 76], который с высокой долей вероятности позволяет определять место и причины возникновения повышенного уровня вибрации, и реализован в переносных вибродиагностических приборах. Результаты обработки вибрационных сигналов позволяют оперативно принимать решение о необходимости проведения ремонтных работ.

2.4. Обоснование метода оценки технического состояния узлов и агрегатов буровых машин

Обеспечение безопасности труда и повышение эксплуатационной надежности оборудования в условиях продолжающегося морального и физического износа выводит роль методов анализа фактического технического состояния на первый план. При рационально организованной системе обслуживания бурового оборудования, можно достичь увеличения межремонтного ресурса до 40% [76].

В зависимости от необходимых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, техническое состояние оборудования можно разделить на следующие группы [77]:

- хорошее (ТОиР не требуются);
- удовлетворительное (ТОиР осуществляются в соответствии с планом);
- плохое (проводятся внеочередные работы по ТОиР);
- аварийное (требуется немедленная остановка и ремонт).

С целью установления фактического технического состояния оборудования, выявления дефектов, неисправностей, других отклонений, которые могут привести к отказам, а также для планирования проведения и уточнения сроков и объёмов работ по ремонту и обслуживанию оборудования проводятся технические обследования (осмотры, освидетельствования, диагностирование).

Осмотры проводятся с целью определения причин и характера разрушения деталей. Осмотр включает в себя элементы визуального и измерительного контроля, восприятия шумов и вибраций, оценку степени нагрева корпусных деталей, методы осязания, используемые для определения фактического состояния оборудования и его составных частей [78].

При осмотрах выявляются трещины (50-100 мкм), утечки смазки, качество смазывания, неисправности уплотнений, биения, изменения в геометрии опорных конструкций, контролируется затяжка резьбовых соединений.

Освидетельствование – оценка технического состояния объекта с целью определения, возможности дальнейшей эксплуатации и мер, необходимых для обеспечения надежной работы оборудования. По результатам освидетельствования определяется возможность продления срока эксплуатации.

В основу проведения работ по освидетельствованию должен быть заложен принцип безопасной эксплуатации оборудования по техническому состоянию. В качестве определяющих параметров технического состояния должны приниматься показатели надежности и параметры, изменения которых может привести объект в неработоспособное или предельное состояние [77].

Определение и анализ показателей надежности оборудования при решении вопросов его технического освидетельствования производятся с целью [77]:

- оценки технического состояния оборудования по статистическим эксплуатационным данным;
- подтверждения необходимости проведения технического освидетельствования оборудования;
- уточнения методов технического диагностирования в совокупности с результатами визуального контроля оборудования;
- прогнозирования или корректировки остаточного ресурса, определенного по результатам технического диагностирования.

По результатам освидетельствования оборудования составляется заключение с решением о дальнейшей эксплуатации с указанием мер по поддержанию соответствующего уровня эксплуатационной надежности и безопасности или её прекращении.

Одной из составных частей технического обслуживания механического оборудования является его диагностирование [78], т.е. определение технического состояния объектов.

В процессе диагностирования осуществляется [80]:

- определение действительной потребности в работах по техническому обслуживанию;
- прогнозирование момента возникновения неисправности или отказа процессе эксплуатации механического оборудования;
- выявление причин неисправности или отказа в работе узлов оборудования;
- оценка качества выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Процесс диагностирования включает в себя следующие мероприятия:

- обнаружение и определение места локализации неисправностей
- оценка технического состояния оборудования;
- мониторинг технического состояния оборудования;
- прогнозирование остаточного ресурса оборудования.

В результате диагностирования оформляются протоколы о состоянии технической документации, применяемых методов неразрушающего контроля, заключение о фактическом техническом состоянии и принимается решение о целесообразности проведения ремонтно-восстановительных работ или отсутствие таковой необходимости, рекомендации по методам и срокам проведения ремонтных работ, рекомендации по периодичности и методам обследований.

2.5. Выводы

1. Установлено что, для определения сроков проведения технического обслуживания и ремонта энерготехнического оборудования, выпускаемого в единственном экземпляре или ограниченной партией целесообразно использовать методы функциональной диагностики.

2. Выявлено, что одним из существенных факторов, которые оказывают значимое влияние на контроль технического состояния бурошнекового оборудования, являются параметры вибрации. Поэтому применение методов вибрационного контроля являются актуальными для оценки состояния узлов бурошnekовой машины.

3. Обоснованно, что для получения спектральных характеристик вибрационного сигнала целесообразно применение Фурье-анализа, позволяющего определять причины возникновения отказов и прогнозировать фактическое техническое состояние узлов оборудования бурошnekовой машины.

3. Моделирование процесса оценки технического состояния узлов оборудования бурошнековых машин

3.1. Обоснование причин возникновения отказов узлов оборудования бурошнековых машин при эксплуатации

Одной из составляющих процессов разведки и добычи полезных ископаемых при открытом и подземном способе разработки, является бурение скважин в породном массиве. Перспективы развития бурошнекового оборудования, для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин, связаны с повышением уровня его работоспособности. Это особенно актуально для реализации технологий дегазации угольных пластов, увлажнения массива, спасательных работ, установки измерительной аппаратуры. Все более важными критериями, оценки оборудования, становятся экологические показатели, такие как уровень вибрации и шума, загрязнение окружающего пространства. [82, 83].

В горном деле горизонтальные скважины используются в сложных горно-геологических условиях как для осуществления нарезных, проходческих и очистных работ, так и при выполнении вспомогательных операций (предварительное увлажнение массива, дегазация, вентиляция, водоотлив, прокладка коммуникаций, перемещение людей и грузов, горноспасательные работы).

В строительстве и коммунальной сфере рост объемов бурения горизонтальных скважин с одновременной закрытой прокладкой коммуникаций и создание соответствующих технических средств вызван следующими структурными, технологическими, экономическими и экологическими причинами [84]:

- возрастание потребности в системах трубопроводов для обеспечения населения коммуникационными сетями, в том числе с учетом перспектив развития;
- возникновение новых областей применения трубопроводных сетей в промышленном, общественном и частном секторах;

- насыщенность коммуникациями поверхностного слоя, что усложняет прокладку новых трасс;
- высокая чувствительность современных инфраструктур к неудобствам, возникающим при открытой прокладке коммуникаций;
- необходимость в точной прокладке коммуникаций на значительные расстояния (100-150 м);
- современные требования к росту механизации, улучшающей условия производства работ;
- топографические условия, зачастую не позволяющие вести строительство открытым способом;
- экономические соображения, требующие разработки методов, экономящих время и средства.

Бурошнековая машина представляет собой совокупность подсистем (рис. 1.7), каждая из которых подчиняется своим закономерностям возникновения отказов.

Предотвращения отказов бурошнековых машин в значительной степени зависит от прогнозирования технического состояния, которое определяется рядом факторов, обуславливающих протекание деградиционных процессов. Данная задача осложнена тем, что информация об отказах и закономерностях их происхождения и развития отсутствует.

Опыт проектирования и изготовления комплектов бурошнекового оборудования, накопленные кафедрой Горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета имен и Т.Ф.Горбачева показывает, что каждый экземпляр бурового оборудования уникален, так как выпускается в единичном экземпляре по требованию заказчика. Но в общем виде базовый комплект бурошнековой машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций включает в себя следующие узлы и элементы (рис. 3.1): опорная рама, буровой станок, привод вращения, маслостанция, гидроцилиндры подачи, электрообору-

дование, расширители прямого и обратного хода комплект шнеков и соединительные элементы.

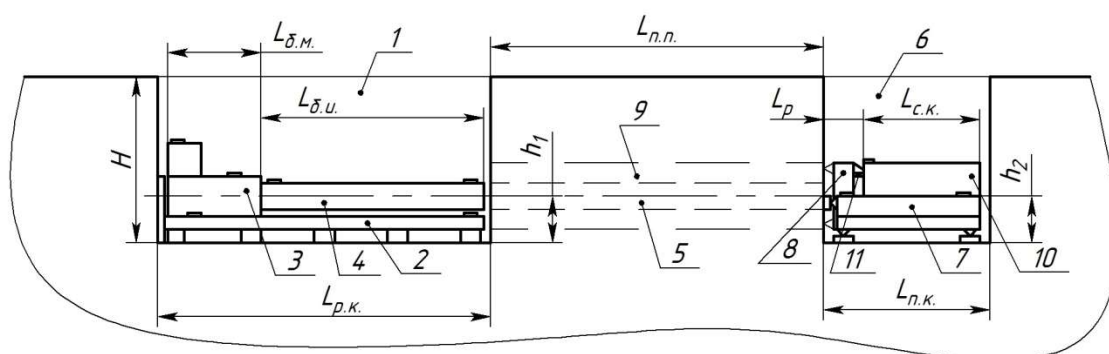


Рис 3.1. Схема бурового оборудования для двухэтапной технологии сооружения горизонтальных скважин: 1 – рабочий котлован; 2 – постельная рама; 3 – буровой станок; 4 – кожух пионерной скважины; 5 – пионерная скважина; 6 – приемный котлован; 7 – центратор; 8 – расширитель обратного хода; 9 – проектная скважина; 10 – кожух, прокладываемый обратным ходом.

Отказы бурового оборудования происходят в результате воздействия неблагоприятных факторов, негативно влияющих на эксплуатационную надежность и ремонтпригодность. Эти факторы могут быть обусловлены воздействием внешней среды (постоянные воздействия) и воздействиями эксплуатационного характера (временные воздействия) [85].

Воздействия внешней среды на буровое оборудование осуществляется постоянно, независимо от того находится оборудование в работе или на хранении. Воздействие внешних факторов, таких как, пыль, низкие температуры, перепад температур, влажность и др. как правило, неблагоприятно проявляются на эксплуатационных свойствах и на свойствах конструкционных материалов [86] что, в конечном счете, приводит к снижению эксплуатационной надежности.

Если работы по сооружению горизонтальной скважины проводятся в твердых породах (скально-дресвянистые грунты), в щебеночных насыпях, кирпичных кладках, то это связано со значительным пылеобразованием. Пыль в своем составе содержит фракцию размером 30 - 40 мкм, которая перемещаясь в воздушных

потоках, проникает в гидравлическое, электрическое оборудование, в подшипниковые узлы. При попадании в подшипниковый узел, пыль вызывает повышенный абразивный износ, что ускоряет развитие дефектов подшипника и подшипникового узла [87].

Климатические условия Сибири и Северо-востока России характеризуются низкими температурами и сильными ветрами со снегом в течении длительного периода. При этом влияние низкой температуры отрицательно сказывается на ударной вязкости конструкционных материалов, приводит к замерзанию смазки и рабочих жидкостей, криогенному разрушению узлов и деталей [88,89].

Особенно в зимний период наблюдается рост отказов в несущих металлоконструкциях и гидравлической системе бурового станка. Параметр потока отказов (ω) в зимний период возрастает на 20-60% по сравнению с летним периодом и как следствие идет увеличение аварийных, нерегламентированных простоев и снижение производительности по сооружению горизонтальной скважины.

На основании хронометражных наблюдений за работой бурового оборудования, построена диаграмма изменения параметра потока отказов в течении календарного года (рис. 3.2).

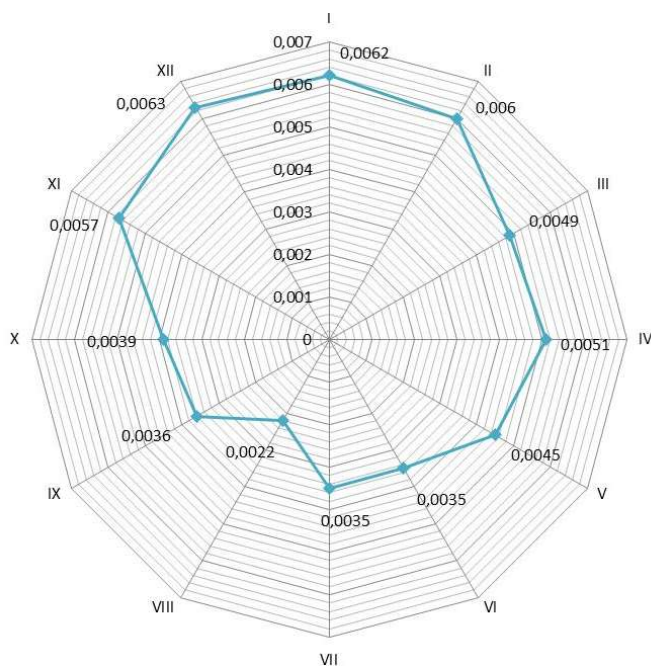


Рис 3.2. Параметр потока отказов оборудования буровых машин в течении года эксплуатации

Атмосферной коррозии подвержены все металлоконструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе. Поверхности конструкций при эксплуатации неизбежно подвергаются увлажнению и загрязнению, что является первопричиной возникновения и развития коррозионных процессов.

Основной фактор, который влияет на скорость протекания атмосферной коррозии – это степень увлажнения металла [90]. Вид атмосферной коррозии (сухую атмосферную коррозию - зона I, влажную атмосферную коррозию - зона II, мокрую атмосферную коррозию - III) можно определить исходя их графика представленного на рис. 3.3.

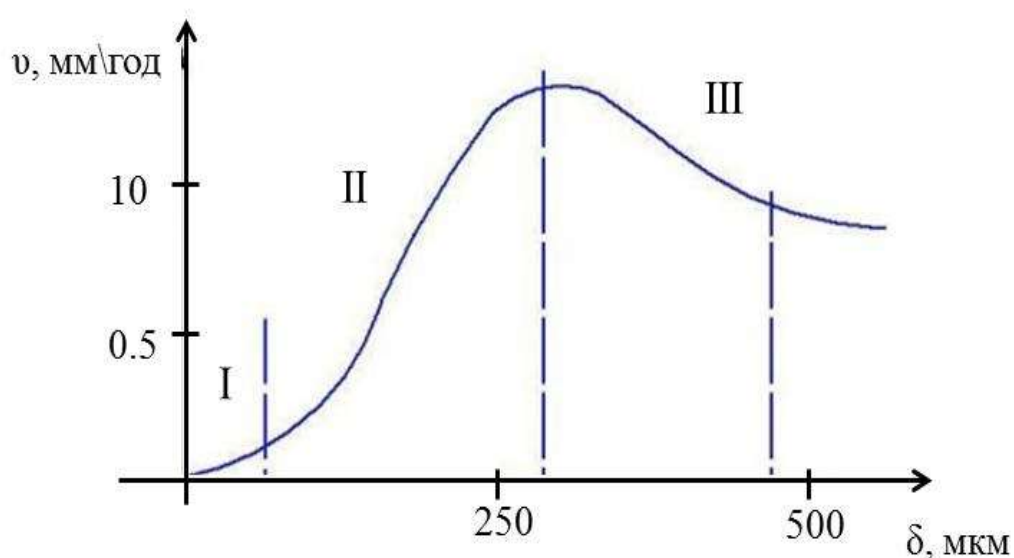


Рис. 3.3 Зависимость скорости v атмосферной коррозии от толщины δ пленки влаги на поверхности металла

Повышенная влажность воздуха усиливает окислительные процессы по краям трещины, что вызывает увеличение скорости её роста. Практически установлено, что скорость атмосферной коррозии в загрязненной различными газами и твердыми примесями атмосфере в десятки раз выше, чем в чистой [9, 90].

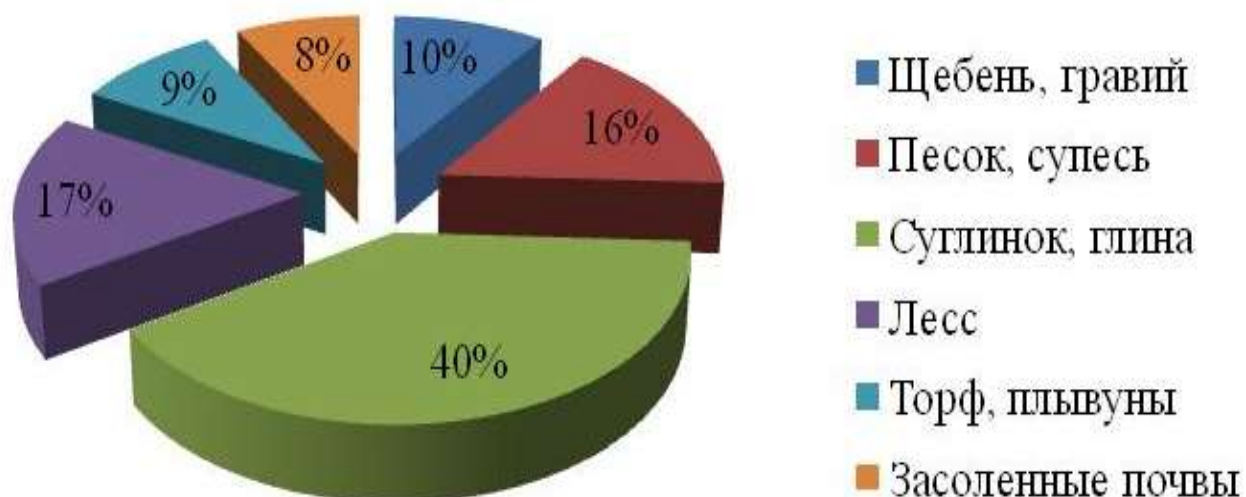


Рис 3.4 Вероятность появления пород в приповерхностной толще (2 – 4 м.) в восточной части Российской Федерации

На кафедре Горных машин и комплексов КузГТУ накоплен большой опыт по проектированию, изготовлению и эксплуатации буровых машин для бестраншейной прокладки коммуникаций. Работы по сооружению горизонтальных скважин, как правило проводились сотрудниками кафедры в различных погодных и геологических условиях. Горизонтальные скважины сооружаются в приповерхностных породах. Диаграмма вероятностей появления пород в толще 2-4 м. в восточной части Российской Федерации представлена на рис 3.4 [90].

Объемы проводимых работ и заказы услуг и оборудования шнекового горизонтального бурения представлены в табл. 3.1.

В работе [9] установлено, что бурение скважин большого диаметра (свыше 1000 мм) целесообразно осуществлять по двухэтапной технологии. Поэтому все разработанные в КузГТУ конструкции буровых машин позволяют проводить бурение скважин малого диаметра прямым ходом с дальнейшим разбуриванием до требуемого диаметра обратным ходом.

Объемы работ по сооружению горизонтальных скважин бурошнековым оборудованием разработанным на кафедре ГМиК

Объекты	Количество скважин	Длина, м	Диаметр, м	Сроки
г. Нижневартовск ООО «Блок»	15	450	0,53; 0,84	1999-2000
г. Кемерово АООТ «Азот»	4	105	0,53	2001
г. Нижневартовск, г. Тюмень, ООО «Блок»	16	340	0,53; 0,84; 1,04; 1,24; 1,44	2002-2015
г. Кемерово, шахта «Романовская»	3	75	0,53	2004-2006
г. Прокопьевск, ООО «ПСП»	4	140	0,29; 0,53	2005-2007
Кемерово ОАО «Кемеровоэлектромонтаж»	2	80	0,53	2009
г. Кемерово, Ул. Инициативная	1	30	0,53	2012

Основные сведения о технических характеристиках машин приведены в таблице 3.2. Все бурошнековые машины оснащены гидравлическими механизмами подачи и отличаются компоновочными схемами, расположением опорных элементов и гидроцилиндров перемещения (рис. 3.5).

Применение в составе машинного агрегата бурошнековой машины электропривода вращения позволяет, несмотря на явную неоптимальность массогабаритных показателей, активно использовать в качестве компонентов хорошо зарекомендовавшие себя конструкции редукторов, а также насосные станции, используемые в горном оборудовании, тем самым сокращая финансовые и временные затраты на конструкторскую и технологическую подготовку.

Характеристики бурового оборудования

Наименование параметра	Буровые станки с электрическим приводом на базе серийно выпускаемых машин и оборудования					Станки с гидравлическим приводом
	БШМ-1	БШМ-2	БШМ-3	БШМ-4	БШМ-5	БМГ-1
1. Диаметр скважины, мм - прямой ход - обратный ход	540 1240;1440	160;540 840;1040; 1240	160;540 1040;1240	160;540 840;1040; 1240;1440	540-1240 840-1640	540-1240 840-1640
2. Скорость подачи, м/мин - прямой ход - обратный ход	0-1,1 0-0,8	0-2,5 0-1,1	0-1,2;0-2,5 0-1,62;0-3,5	0-1,1	0-1,2;0-2,5 0-1,62;0-3,5	0-1,2;0-2,5 0-1,62;0-3,5
3. Мощность двигателя вращателя, кВт	27,5	11/20/30	30	18,5/30	55	30
4. Мощность двигателя маслостанции, кВт	3,0	3,0	3,0	7,5	7,5	10,0
5. Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20	115/37	27/42	35,5/61	30	30
6. Количество гидродомкратов подачи, шт.	4	2	4	4	4	4
7. Максимальное давление в гидросистеме, МПа	10	10	10	10	32	32
8. Развиваемое осевое усилие, кН - прямой ход - обратный ход	213 266	200/645 294/942	294/942 200/645	368/942 250/645	1200 845	1200 845
9. Габаритные размеры, м - длина - ширина - высота	3;14,5;21 1,9 2,1	3;9;14 1,2 1,15;1,8	5;7;12 1,4 2,0	4;8;12 1,96 1,65	4;8;12 2,2 1,65	4;8;12 1,96 1,65



Рис.3.5 Промышленные образцы буровых машин: а- с электрическим приводом; б- с гидравлическим приводом

Также были сконструированы и испытаны в составе действующих буровых комплексов машинные агрегаты, снабженные гидроприводом вращения. Это благоприятно сказалось на габаритах и массе, а также расширило диапазон возможных статических и динамических режимов нагружений агрегатов, необходимость в которых возникает при бурении. Однако это приводит к необходимости создания уникального выносного гидравлического оборудования и осложнению эксплуатации в условиях низких температур.

Исправная работа всех узлов комплекта бурового оборудования, обеспечивает эффективность сооружения горизонтальной скважины. Для оценки надежности восстанавливаемых объектов, к которым относится и буровое оборудование, определяют среднюю наработку на отказ или время простоев, по отдельным узлам [91], которую можно определить из следующего выражения:

$$T_{\text{ср}} = \frac{t_{\Sigma}}{m}, \text{ ч} \quad (3.1)$$

где t_{Σ} – суммарное время наблюдений за изделиями; m – общее число отказов, возникающих в процессе наблюдений.

Время простоев бурового оборудования

№ п/п	Узел	Количество отказов	Время простоев, ч.
1.	Привод вращателя	-	-
2.	Редуктор	1	7
3.	Буровой замок	4	41
4.	Гидродомкраты подачи	3	10
5.	Гидравлическое оборудование	4	9
6.	Электрооборудование	7	10,5
7.	Опорная рама	1	3,5
8.	Буровой став	1	5

В ходе хронологических наблюдений за работой бурового оборудования в промышленных условиях были получены и систематизированы результаты по простоям отдельных узлов (см. табл. 3.3).

Значимость количества отказов по какому-либо элементу и удельный вес простоев из-за отказа, возможно определить по коэффициенту отказов K_0 и коэффициенту относительных простоев $K_{оп}$ [92].

$$K_0 = \frac{n_i}{n}, \quad (3.2)$$

где n_i – количество отказов по элементу, n – общее количество отказов.

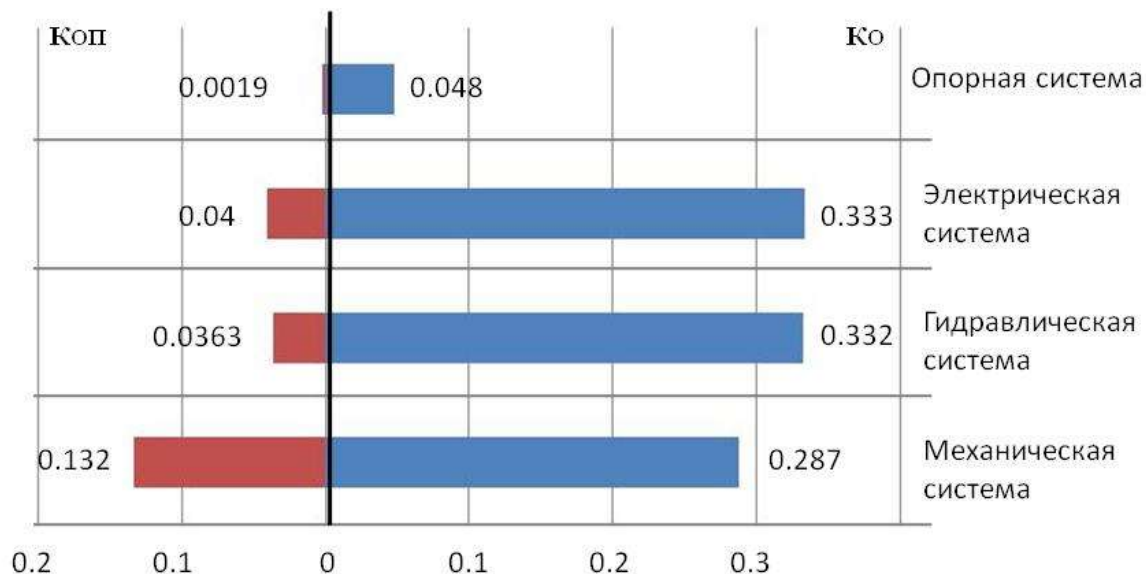
$$K_{оп} = \frac{n_i T_{Vi}}{n T_B} = K_0 \frac{T_{Vi}}{T_B}, \quad (3.3)$$

где T_{Vi} – время простоев из-за отказа элемента, T_B – общее время простоев за период наблюдений.

Результаты расчетов K_O и $K_{ОП}$

№ п/п	Узел	K_O	$K_{ОП}$
1	Привод вращателя	0	0
2	Редуктор	0,048	0,039
3	Буровой замок	0,191	0,091
4	Гидродомкраты подачи	0,141	0,0164
5.	Гидравлическое оборудование	0,191	0,0199
6.	Электрооборудование	0,333	0,04
7.	Опорная рама	0,048	0,0019
8.	Буровой став	0,048	0,0027

Результаты расчетов по определению коэффициента отказов K_O и коэффициента относительных простоев $K_{ОП}$ для представлены в табл. 3.4. и на рис. 3.6.

Рис.3.6 Значения коэффициентов K_O и $K_{ОП}$

Из рисунка 3.6 видно, что самая большая доля простоев, из-за отказов, приходится на механические узлы (буровой замок и редуктор), хотя чаще отказывает электрооборудование. Это связано с тем, что отказы механической части носят, как правило, аварийный характер и процесс её восстановления более трудоемкий,

требует больше времени на приобретение, доставку, установку и апробацию оборудования после проведения восстановительных работ. Данное заключение ещё раз подтверждает необходимость проведения диагностических мероприятий для распознавания зарождения дефектов на самых ранних стадиях и предотвращения аварийных остановок бурового оборудования.

3.2. Обеспечение работоспособного состояния узлов оборудования буровых машин

Надежность восстанавливаемой технической системы характеризуется такими показателями, как параметр потока отказов (ω), интенсивность восстановлений (μ), время непрерывной работы (t) [93]. Также на уровень надежности оказывает влияние количество элементов, из которых состоит система, число эксплуатирующих бригад, дисциплина и стратегия обслуживания. Учитывая все эти факторы, функцию надежности механической системы в общем виде можно записать следующим образом.

$$H=f(n, \omega, t, \mu, k, до, со) \quad (3.4)$$

где n – число элементов из которых состоит система; ω – параметр потока отказов; t – время непрерывной работы системы; μ – интенсивность восстановления системы; k – количество эксплуатирующих бригад; $до$ – дисциплина обслуживания механической системы; $со$ – стратегия обслуживания механической системы.

Параметры, которые влияют на надежность оборудования проявляют свое влияние на разных стадиях его “жизненного цикла”, поэтому целесообразно их разделить на периоды реализации, т.е. в периоды проектирования, изготовления и эксплуатации.

На стадии проектирования для технической системы количество элементов, параметр потока отказов, время восстановления, как правило указаны в техническом задании и их изменение невозможно по техническим условиям. Поэтому повысить надежность в этот период возможно введением нагрузочной или структурной избыточности (резервных составляющих). Однако применение этого метода повышения надежности отрицательно сказывается на габаритных и весовых параметрах и конечной стоимости оборудования. Также во многих случаях введение резервных составляющих технически нецелесообразно.

При реализации результатов проектирования (при изготовлении), изготовленное оборудование должно удовлетворять требованиям надежности, которые были в него заложены при проектировании. Техническую надежность (P_T) можно представить, как состоящую из двух частей, конструктивной надежности и надежности процесса изготовления [94].

$$P_T = P_K \times [1 - (1 - P_H) \times r] \quad (3.5)$$

где P_K – конструктивная надежность, заложенная при проектировании; P_H – показатель надежности технологического процесса; r – коэффициент корреляции между надежностью технологического процесса и надежностью изделия.

Основными мероприятиями на стадии изготовления - обеспечение устойчивости технологического процесса [95]. Существует два метода статистического контроля процесса изготовления:

- текущий контроль;
- выборочный контроль.

Контроль технологического процесса позволяет обнаруживать и устранять факторы отрицательно сказывающиеся на параметрах изготовления и надежности готового изделия.

При изготовлении оборудования выполняется еще одна важная задача – это доработка техники. Доработка выполняется в тех случаях, когда в процессе эксплуатации выявляются дефекты производства.

Надежность оборудования, которая закладывается при проектировании и реализуется при изготовлении, должна поддерживаться в процессе эксплуатации. Повысить уровень надежности эксплуатируемого оборудования невозможно, возможно только поддерживать на требуемом уровне.

Согласно [96] для обеспечения высокого уровня надежности необходимо:

- обеспечить благоприятные условия для транспортировки и монтажа оборудования на месте эксплуатации;
- соблюдать силовые и режимные параметры при эксплуатации в соответствии с технической документацией;
- защитить оборудование от негативного влияния внешней среды;
- своевременно и качественно выполнять работы по техническому и профилактическому обслуживанию.

Для продления срока нормальной эксплуатации ($\lambda = const$) необходимо проводить регулярное техническое обслуживание. Временную диаграмму работы энергомеханической системы с периодическим профилактическим обслуживанием представлена на рис. 3.7.

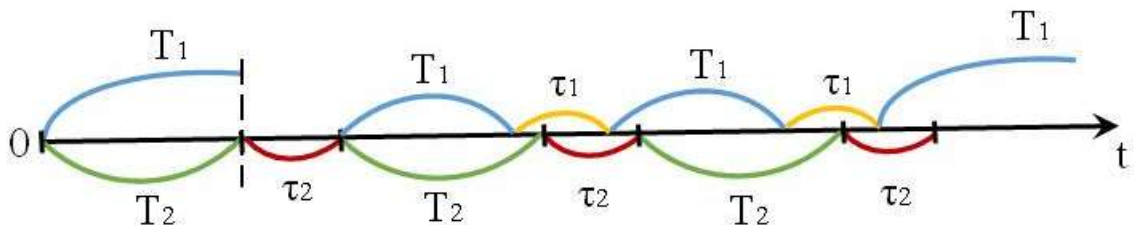


Рис.3.7 Временная диаграмма работы энергомеханической системы буровых машин с профилактическим обслуживанием

В виду того, что время появления отказов составляющих узлов оборудования буровых машин имеет значительный разброс,

возникают погрешности в выборе периодичности проведения плановых профилактических работ [16]. Поэтому сроки проведения мероприятий по техническому обслуживанию или ремонтам целесообразно проводить после оценки фактического технического состояния узлов эксплуатируемого оборудования.

3.3. Выбор математических моделей для оценки технического состояния узлов оборудования бурошнековой машины

Прогнозирование состояния бурошнекового оборудования – неотъемлемая часть обеспечения высоких показателей эксплуатационной надежности, которых невозможно достичь без определения рациональных сроков проведения профилактических мероприятий. Определение этих сроков целесообразно проводить на основе использования математических моделей изменения состояния.

Решение вопроса о повышении уровня эксплуатационной надежности предполагает осуществление прогнозирования технического состояния на базе математического моделирования.

Основными задачами в этой области являются [97]:

- анализ механизмов влияния окружающей среды и режимов работы бурошнековой машины на деграционные процессы и определение комплекса существенных воздействующих факторов;
- выбор вида математических моделей процесса изменения технического состояния комплекта бурошнекового оборудования и прогнозирования его технического состояния;
- обоснование входных и выходных параметров модели;

- структурная и параметрическая идентификация модели;
- разработка метода и алгоритмов прогнозирования технического состояния на основе полученных моделей деградации технического состояния;
- разработка методики прогнозирования технического состояния комплекта бурошнекового оборудования.

Современные методы прогнозирования изменения технического состояния электромеханического оборудования можно классифицировать по следующим признакам [98, 99]:

- по типу объекта прогнозирования: индивидуальный и групповой;
- по подходу к решению самой задачи прогнозирования: экстраполяция и статистическая классификация;
- по применяемому математическому аппарату: методы экстраполяции и интерполяции;
- методы, использующие аппарат регрессионного и корреляционного анализа;
- методы, использующие факторный анализ.

Классификация математических моделей, позволяющих описать изменение технического состояния электромеханического оборудования, представлена на рис.3.8.

Построение модели изменения технического состояния комплекта бурошнекового оборудования производится в следующем порядке:

- выбор входных и выходных параметров модели деградации бурошнекового оборудования;
- разработка методики экспериментальных исследований на промышленном образце;
- сбор и предварительная обработка экспериментальных данных производственных испытаний;
- выбор типа математической модели;
- проверка адекватности построенной модели для целей прогнозирования.

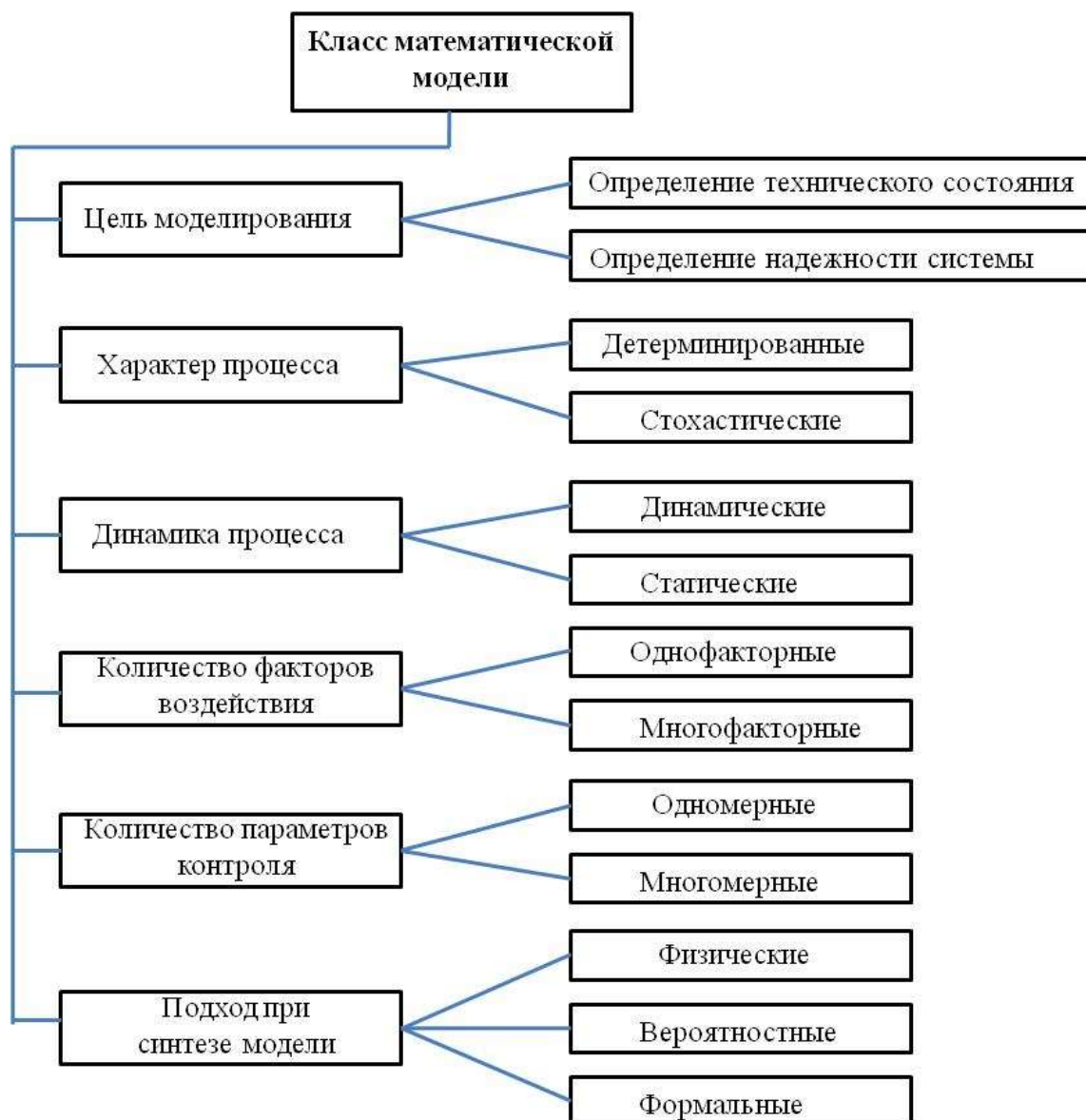


Рис. 3.8. Классификация математических моделей для описания технического состояния электромеханического оборудования

Изменение технического состояния механического оборудования можно описать S -образной кривой, которая показывает как изменяются основные функциональные параметры в течении некоторого промежутка времени или в течении некоторой наработки [100]. Типичная S -образная кривая представлена на рис.3.9. Не смотря на то, что для каждой технической системы эта кривая индивидуальна, на ней можно выделить четыре характерных участка с

характерными признаками изменения регистрируемого функционального параметра:

1 – зарождение дефекта, характеризуется очень медленным изменением регистрируемых параметров, длительность первого этапа может быть различной и зависит только от интенсивности протекания деградиационного процесса;

2 – плавное развитие дефекта. Этот этап является частью первого этапа и характеристика первого этапа справедлива и для него. В этот период оборудование эксплуатируется в штатном режиме и развитие дефекта происходит в допустимых пределах;

3 – критический уровень развития дефекта, характеризуется повышением степени изменения значений регистрируемого функционального параметра и достижением критических отметок;

4 – разрушение узла.

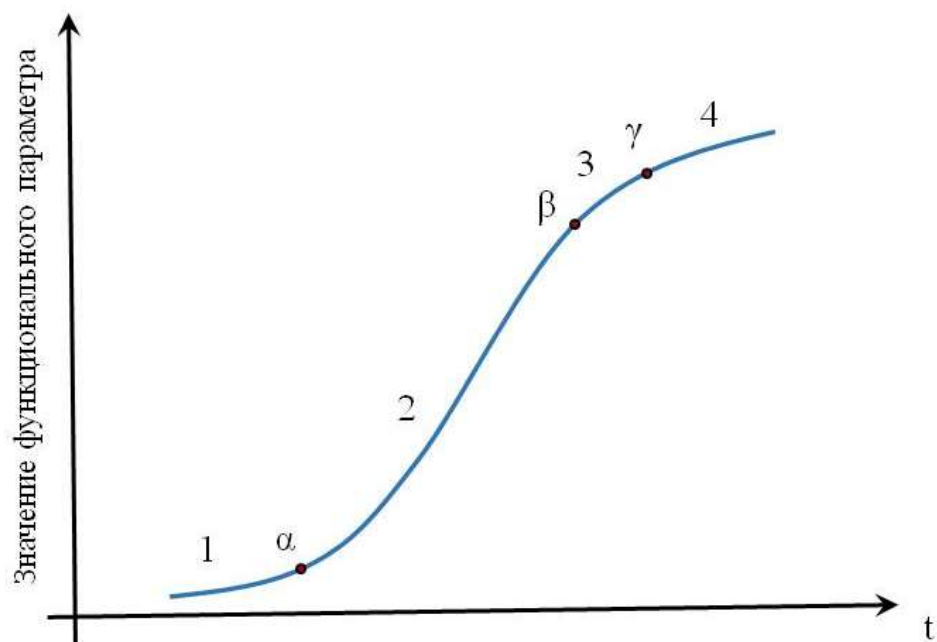


Рис.3.9 График изменения состояния технической системы

Для описания S-образной кривой чаще всего используется логистическая кривая или логиста [101]. Для описания данной кривой можно воспользоваться следующей зависимостью.

$$p(t) = \frac{1}{C_1 e^{-\lambda t} + \frac{\rho}{\lambda}} = \frac{\lambda}{C e^{-\lambda t} + \rho}, \quad (3.5)$$

где C – постоянная, которая определяется из начальных условий $p(0)$.

Неточности описания процесса развития дефекта можно отнести к случайным изменениям параметров λ и ρ , т.е. логиста является некоторой средней кривой описывающей, в общем, случайный процесс развития [102].

Остаточный ресурс узла или машины в целом определяется исходя из изменений значения функционального параметра (X).

$$X = X_{\text{ном}} \pm K_c t_i^\alpha, \quad (3.6)$$

где $X_{\text{ном}}$ – номинальное значение контролируемого параметра; K_c – коэффициент характеризующий режим эксплуатации и зависящий от интенсивности изменения контролируемого параметра; t_i – фактическая наработка машины от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта; α – показатель характеризующий степень изменения параметра во всем диапазоне наработки.

Остаточный ресурс определяется как разность наработок механизма предельного и фактического уровня.

$$t_{\text{ост}} = \frac{\Delta t (\Delta X_{\text{пр}}^{\frac{1}{\alpha}} - \Delta X_{\text{ф}}^{1/\alpha})}{\Delta X_{\text{пр}}^{\frac{1}{\alpha}} - \Delta X_{\text{ф-1}}^{1/\alpha}}, \quad (3.6)$$

Достоверность прогнозирования остаточного ресурса, определяется точностью показателя α . Согласно [103], значение α для подшипников качения имеет значение 1.5. Данный способ оценки остаточного ресурса и времени наступления отказа наиболее приемлем для вибродиагностических обследований особенно для оборудования, выпускаемого в единичных экземплярах или небольшими партиями.

3.4 Выводы.

1. По результатам многочисленных хронометражных исследований продолжительности простоев и восстановлений работоспособного состояния узлов оборудования бурошнековых машин установлено, что в зимний период при понижении температуры окружающей среды от -10 до -30 градусов параметр потока отказов возрастает на 20-60% по сравнению с летним периодом эксплуатации.

2. Установлено, что наибольшие простои при установлении и устранении зарегистрированных отказов связаны с восстановлением работоспособного состояния механических систем оборудования бурошнековых машин.

3. Рекомендовано применение логисты (S – образной кривой) для модели оценки фактического технического состояния узлов оборудования бурошнековой машины с учетом влияния на простои и отказы механических систем параметров вибрации и климатических условий.

4. Оценка технического состояния и разработка средств снижения вибрации в узлах и агрегатах бурошнековых машин

4.1. Параметры технической характеристики и условия внедрения бурошнекового оборудования

Как отмечалось раньше, бурошнековое оборудование, создаваемое на кафедре Горных машин и комплексов КузГТУ, являются уникальными техническими объектами, т. к. создаются по требованиям заказчика в единичном экземпляре. Поэтому контроль технического состояния комплекта бурошнекового оборудования имеет особое значение для предотвращения аварийных отказов. При этом очевидно, что систематическое наблюдение за состоянием оборудования позволит осуществлять оценку технического состояния на основе количественных критериев, оценивающих соответствие уровня вибрации в узлах бурошнекового оборудования допустимым уровням.



*Рис 4.1. Бурошнековая машина на базе станка БГА-4
(бурение скважины под автодорогой по ул. Терешковой г. Кемерово)*

Объектом испытания является комплект бурошнекового оборудования, созданный на базе бурового станка БГА-4 (рис. 4.1) с электрическим приводом вра-

щателя и гидравлическим механизмом подачи. Техническая характеристика оборудования представлена в табл.4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики бурового оборудования

Наименование параметра	Значение
Диаметр скважины, мм	540
Скорость подачи, м/мин	
- прямой ход	0-1,2;0-2,5
- обратный ход	0-1,62;0-3,5
Мощность двигателя, кВт	30
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	27/42
Количество гидродомкратов подачи, шт.	4
Давление в гидросистеме, МПа	10/32
Развиваемое осевое усилие, кН	
- прямой ход	294/942
- обратный ход	200/645
Габаритные размеры, м	
- длина	5;7;12
- ширина	1,4
- высота	2,0

Проходка горизонтальных скважин осуществляется методом горизонтального бурения. Данный метод заключается в разрушении забоя с некоторым опережением трубы-кожуха, при этом процессы разработки забоя, транспортировка продуктов разрушения и прокладка трубы-кожуха механизированы. Направленность бурения определяется стартовыми условиями (качество котлована, обводненность, рельеф и др.) и правильностью установки бурового оборудования. Разрушение забоя осуществляется механическим способом, вращающейся режущей коронкой, удаление продуктов разрушения осуществляется шнековым буровым ставом.

Работы по сооружению горизонтальных скважин ведутся в основном в приповерхностных толще породах (глубина залегания до 10м), 80% которых представлены глинистыми породами и алевролитами, а 20% - песчаными и супесчаными породами [90]. По данным исследований [27] буримые породы обладают есте-

ственной влажностью: супеси $W=7-14\%$, суглинки $W=12-24\%$, глины $W=24-34\%$. Данные диапазоны влажности характерны для налипания буримой породы на инструмент, что приводит к образованию грунтовых пробок в шнековом ставе, затруднению и прекращению процесса транспортирования разрушенной породы, увеличению динамических нагрузок и повышенному износу узлов бурошнекового оборудования.



Рис.4.2. Подшипниковый узел вращательно-подающего механизма

В этих условиях эксплуатации наиболее уязвимыми являются подшипниковые узлы. На рис.4.2 представлен общий вид подшипниковых узлов вращательно-подающего механизма, находящихся под напором выбуриваемых масс [104]. Конструкции смазывающих и уплотняющих элементов данных подшипниковых узлов не позволяют избегать внезапных отказов, выражающихся в заклинивании подшипников качения под напором проникающего в узлы в большом количестве увлажненного выбуриваемого материала. Профилактика отказов возможна периодическим техническим обслуживанием, но периодичность этих работ ничем не обоснована. Поэтому анализ изменения технического состояния бурошнекового оборудования, основанный на данных о вибрации, должен обеспечить обоснование сроков проведения профилактических мероприятий, что будет способствовать сокращению доли внезапных отказов.

4.2. Методика проведения вибрационных диагностических обследований узлов оборудования бурошнековых машин

Для оценки технического состояния и эксплуатационных свойств комплекта бурошнекового оборудования необходимо всестороннее исследование режимов работы в промышленных условиях. Методика диагностических измерений бурошнекового оборудования направлена на определение его фактического состояния посредством регистрации и сопоставления его энергомеханических параметров и параметров механических колебаний.

Источником информации о силовых характеристиках работы бурошнекового оборудования служат данные о крутящем моменте на валу бурового става и давление в гидросистеме.

Уровень подобного рода нагрузок определяется собственными характеристиками бурового оборудования, величина которых зависит как от мощности установленных приводов, так и внешних воздействий на рабочий инструмент, складывающихся из усилия резания и усилия транспортирования разрушенного грунта по шнековому ставу.

Для получения данного рода информации необходимо решить следующие задачи:

- установить основные статистические закономерности режимов работы бурошнекового оборудования;
- определить влияние конструктивных особенностей на производительность бурового оборудования;
- разработать рекомендации по совершенствованию бурового оборудования.

Показателями, характеризующими режимы работы бурошнекового оборудования, приняты:

- среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации измеряемых величин;

– статистические оценки крутящего момента на валу шнекового става, мощности приводного двигателя и скорости бурения.

Определение параметров механических колебаний в узлах бурошнекового оборудования направлено на определение его фактического технического состояния и периодичности проведения технического обслуживания. В основу методики положены отраслевые, межотраслевые и государственные нормативно-методические материалы [105 – 110]. Методика устанавливает виды, периодичность и точность измерений.

Для достоверного диагностирования и прогнозирования технического состояния бурошнекового оборудования необходимо решить следующие задачи:

- 1) контроль и оценка технического состояния агрегатов при приемо-сдаточных испытаниях и в процессе эксплуатации;
- 2) выявление дефектов узлов и причины их возникновения;
- 3) ведение технологического режима эксплуатации оборудования с учетом параметров вибрации в узлах оборудования.

В методике проведения диагностических обследований комплекта бурошнекового оборудования по параметрам механических колебаний предусматривается проведение двух видов диагностических измерений: контрольные измерения и диагностические измерения.

Контрольные измерения служат для распознавания и прогнозирования технического состояния бурошнекового оборудования с учетом влияния на его состояние технологических режимов эксплуатации. Контрольные измерения в свою очередь можно разделить на текущее контрольное измерение вибрации и полное контрольное измерение вибрации [111].

Целесообразно проводить контрольные измерения с момента пуска оборудования, после проведения ремонтных работ и перед остановкой агрегата с периодичностью, определяемой регламентом по обслуживанию данной модели оборудования.

Полное контрольное измерение вибрации должно включать в себя опрос эксплуатационного персонала, ознакомление с документацией на оборудование,

осмотр оборудования, подготовку аппаратуры для измерения уровня вибрации, проведение измерения вибрации. Полное контрольное измерение вибрации производится без вмешательства в режим эксплуатации бурового оборудования.

Диагностические измерения вибрации предназначены для выявления дефектов и причин их возникновения, оценки и прогнозирования степени развития дефектов и разработки рекомендаций по их устранению [111]. Диагностические измерения включают в себя:

- измерение вибрации всех узлов и частей бурового агрегата, включая всю трубопроводную обвязку, элементы крепления, раму, корпуса узлов агрегата;
- выявления зависимости вибрации от изменения режима работы оборудования;
- расширенный анализ вибрации с применением всех возможностей измерительной аппаратуры.

Измерения вибрации предусматривают проведение измерений и регистрацию параметров вибрационного сигнала во всех штатных точках измерения. Штатные точки измерения на приводе вращения бурового агрегата на базе станка БГА-4 представлены на рис. 4.3.

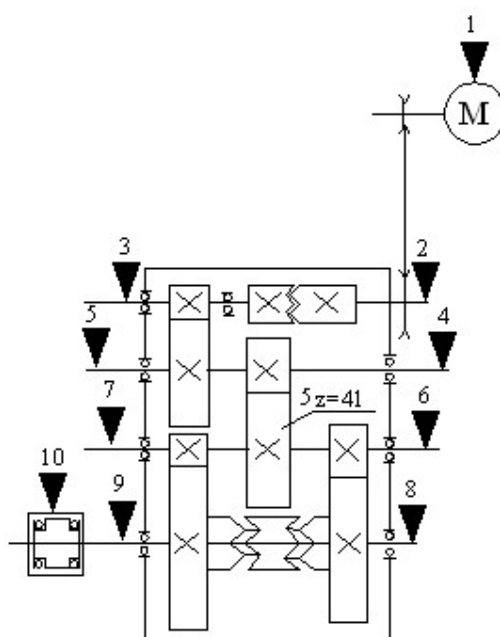


Рис 4.3. Схема расположения точек замеров вибрации на буровом агрегате на базе бурового станка БГА-4

Контрольные измерения абсолютной вибрации проводятся на корпусах подшипников агрегата в трех взаимно-перпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтальном и осевом (вдоль оси вращения) рис 4.4 [112, 113].

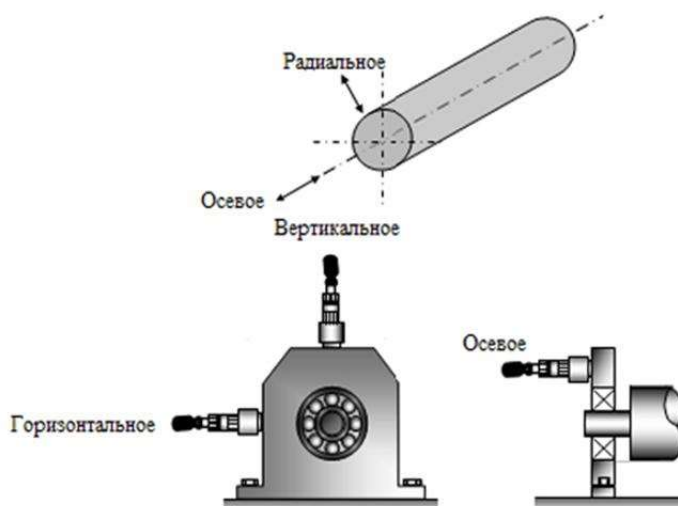


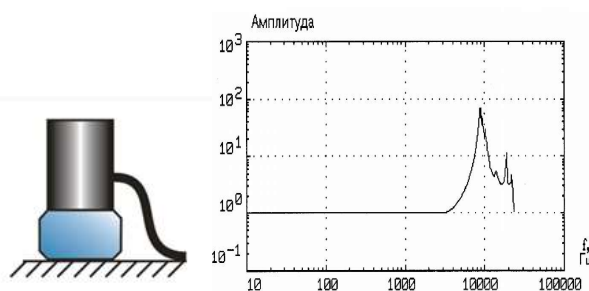
Рис. 4.4. Установка датчика вибрации на корпусе подшипника в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях

Датчик следует устанавливать так, чтобы на его рабочую поверхность непосредственно действовали механические колебания подшипника. Датчик воспринимает механические колебания подшипника при меньшем влиянии вибрации, возбуждаемой другими узлами и деталями агрегата. Измерение вибрации на тонкостенных участках корпусов и крышек недопустимо.

Вертикальную составляющую вибрации следует измерять на крышке подшипника над осью вала в средней точке вкладыша.

Горизонтальную (поперечную) составляющую вибрации следует измерять на уровне оси вала против середины длины опорного вкладыша подшипника на корпусе опоры. Осевую составляющую следует измерять в точке, максимально приближенной к оси вала на корпусе опоры подшипника вблизи горизонтального разъема между крышкой и корпусом. Датчики абсолютной вибрации при периодическом контроле вибрации следует крепить к агрегату с помощью магнита или щупа [114, 115] (рис. 4.5).

а)



б)

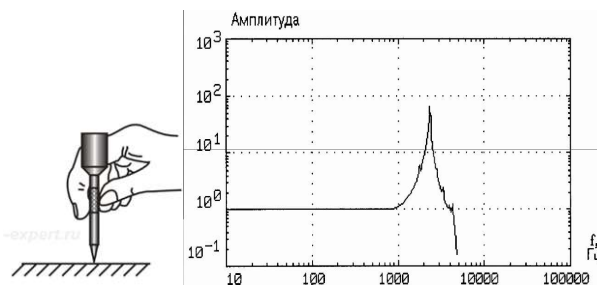


Рис.4.5. Способы установки датчика вибрации и амплитудно-частотная характеристика, а) при установке с помощью постоянного магнита; б) при установке с помощью щупа

При креплении датчика постоянным магнитом статическая сила сцепления магнита с измерительной поверхностью влияет на диапазон измерений. Резонансная частота в этом случае находится в пределах 7 - 15 кГц и зависит от типа магнита. То есть, этим методом можно пользоваться при измерении и анализе вибрации с верхним пределом частотного диапазона измерений 2 - 5 кГц.

Наиболее быстрым способом измерения вибрации является измерение с помощью щупа, соединенного с вибрационным датчиком. Но в этом случае рабочий частотный диапазон составляет примерно 10-2000 Гц.

Проведя анализ частот вращения механизмов исследуемого комплекта бурового оборудования, можно сделать вывод, что оба перечисленных метода установки датчика для определения уровня вибрации являются применимыми.

Периодичность проведения контрольных измерений зависит от технического состояния объекта и устанавливается порядком проведения диагностических измерений.

В процессе проведения диагностических исследований регистрируются следующие параметры вибросигнала:

- СКЗ абсолютной виброскорости (V_e , мм/с) корпусов подшипников электропривода;
- пиковое значение виброускорения корпусов подшипника редуктора.

При этом принимается, что измеряемые параметры должны находиться в следующих диапазонах (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Контролируемые параметры виброакустического сигнала в узлах бурошnekовой машины

Узел	Параметр	Частотный диапазон (Гц)	Динамический диапазон	Погрешность измерений (%), не более
Электропривод	V_e	10...1000	0,1...30 мм/с	± 6
Редуктор	V_e	10...1000	0,1...30 мм/с	± 6
	a_p	300...10000	0,1...200 м/с ²	± 6
Буровой замок	V_e	10...1000	0,1...30 мм/с	± 6
	a_p	300...10000	0,1...200 м/с ²	± 6

Оценка технического состояния бурошnekового оборудования создаваемого по техническим требованиям заказчика по результатам контрольных виброизмерений при отсутствии эксплуатационных норм, установленных заводом-изготовителем, осуществляется на основе рекомендаций [106, 116] (см. таблицу 4.3 и рисунок 4.6).

Таблица 4.3.

Эффективное значение виброскорости V_e в частотном диапазоне 10...1000 Гц, мм/с

Бурошnekовая машина на базе станка БГА-4	Оценка технического состояния					
	хорошо	допустимо после ремонта	допустимо	предупреждение	требует принятия мер	недопустимо
Электродвигатель	<1,8	1,8...2,8	2,8...4,5	4,5...6,3	6,3...7,1	>7,1
Редуктор	<1,8	1,8...2,8	2,8...4,5	4,5...6,3	6,3...7,1	>7,1
Буровой замок	<1,8	1,8...2,8	2,8...4,5	4,5...6,3	6,3...7,1	>7,1

хорошо,
допустимо после ремонта
допустимо
предупреждение

требует принятия мер
недопустимо

- оценка качества ремонта,
- допустимо при приемочных испытаниях
- бездефектное эксплуатационное состояние
- необходимость проведения мероприятий по обнаружению дефекта, усиление контроля
- планомерный вывод в ремонт
- эксплуатация не допускается

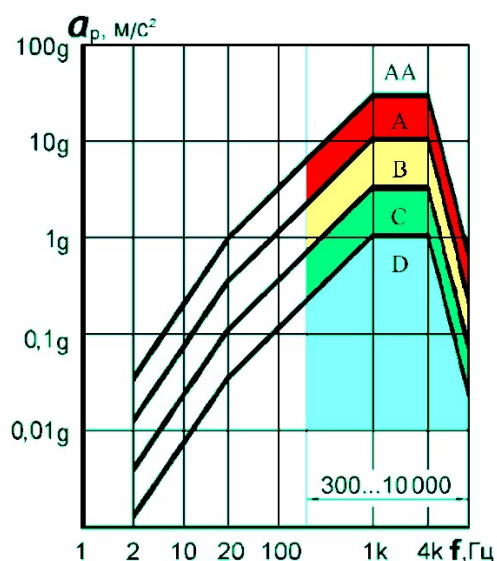


Рис. 4.6. Диаграмма Блейка для оценки вибрации в высокочастотном диапазоне (пиковое значение виброускорения) на корпусах подшипников редукторов бурового комплекса комбайна

D – область допустимого уровня вибрации при приемочных испытаниях

C – область допустимого уровня при нормальном режиме эксплуатации

B – область усиления контроля и проведения мероприятий по обнаружению дефектов

A – область вибрации, требующей принятия мер (вывод в ремонт)

AA – область недопустимой вибрации (эксплуатация не допускается)

Предельно допустимое суммарное значение виброускорения для редуктора не должно превышать 160 м/с^2 , а среднее квадратическое значение виброускорения отдельных гармонических составляющих в полосе частот $10 \dots 3000 \text{ Гц}$ не должно превышать 16 м/с^2 (РТМ 38.001-94, таблица 4.10) [110].

Для оценки состояния редукторов необходимо рассматривать диапазон частот не уже $10 \dots 5000 \text{ Гц}$.



Рис 4.7. Общий вид виброанализатора Агат-М

При проведении замеров вибрации в контрольных очках на узлах комплекта бурошнекового оборудования использовался двухканальный анализатор вибрации Агат-М, производства компании Диамех 2000 (Рис.4.7). Технические характеристики прибора представлены в таблице 4.5 [117].

Данный прибор полностью подходит под требуемые задачи.

При проведении измерений параметров вибрации комплекта бурошнекового оборудования на базе станка БГА-4 должны регистрироваться:

- СКЗ абсолютной виброскорости во всех штатных точках в диапазоне частот 10 Гц – 1000 Гц;
- пиковое значение виброускорения в штатных точках на редукторе в частотном диапазоне 300-3000 Гц.

После монтажа сразу после процесса забуривания необходимо провести контрольные измерения.

После ремонта и приработки при выходе в номинальный режим провести контрольные измерения.

Технические характеристики виброанализатора Агат-М

Частотный диапазон, Гц	2 - 10000
Каналы измерения вибрации	2
Тип подключаемых датчиков	
Датчики вибрации	пьезоэлектрические ICP
Функции обработки	
Общий уровень, пик-фактор, амплитуда/фаза, спектр, форма сигнала, спектры огибающей сигнала, одно и двухканальные выбег и временные характеристики	
Основные режимы работы	
Анализатор вибрации с экспертной системой, в том числе диагностика подшипников качения	
Сборщик данных - функции периодического мониторинга (версия прибора для работы с ДИАМАНТ-2)	
Балансировочный прибор - до 2 плоскостей коррекции, до 4 измерительных точек	
Усреднения	Без усреднений, линейные
Количество линий спектра:	100, 200, 400, 800
Режимы запуска:	Свободный, от отметчика, от сигнала
Длина выборки сигналов:	256, 512, 1024, 2048
Число точек на характеристике:	100
Корпус, клавиатура, дисплей, связь с ПК	
Корпус	Металлический, пыле-, влагозащищенный
Клавиатура	Тактильная, пыле-, влагозащищенная
Дисплей	Низкотемпературный ЖКИ с подсветкой 128×128
Связь с ПК	RS-232 (USB переходник в комплекте)
Физические параметры	
Габариты	220 × 110 × 38 мм
Масса прибора с аккумулятором / стандартного комплекта	900 г / 5400 г

При уровне вибрации, соответствующего оценке **допустимо после ремонта**, комплект бурошнекового оборудования принимается в эксплуатацию.

При уровне вибрации, соответствующем оценкам **предупреждение, допустимо, требует принятия мер** комплект бурошнекового оборудования в эксплуатацию не принимается.

При оценке **недопустимо** работа бурошнекового оборудования должна быть остановлена.

В процессе эксплуатации периодичность проведения последующих контрольных измерений устанавливается собственником оборудования после оценки и прогнозирования технического состояния объекта диагностики. Максимальный интервал между этими измерениями, в зависимости от результатов последнего контрольного измерения, должен быть не более:

- требует принятия мер - 7 суток;
- предупреждение - 1 месяц;
- допустимо, допустимо после ремонта - 3 месяца.

Перед проведением плановых ремонтных мероприятий сроком не более чем одна неделя необходимо провести полные контрольные измерения.

4.3. Оценка технического состояния узлов бурошнековых машин при эксплуатации

Проведенные исследования на полноразмерных промышленных образцах комплекта бурошнекового оборудования позволили оценить режимные параметры различных способов бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин. Бурение осуществлялось в глине с естественной влажностью $W=20 - 30\%$. Увлажнение продуктов разрушения производилось до влажности $W=45 - 55\%$. Увлажнение продуктов бурения приводило к существенному снижению мощности на вращение бурового инструмента как при бурении прямым ходом, так и при расширении скважины. Зависимость мощности на вращение бурового инструмента от длины скважины при бурении прямым ходом скважины

диаметром 0,54м и её расширении с увлажнением и без увлажнения продуктов разрушения представлены на (рис.4.8) [118, 119].

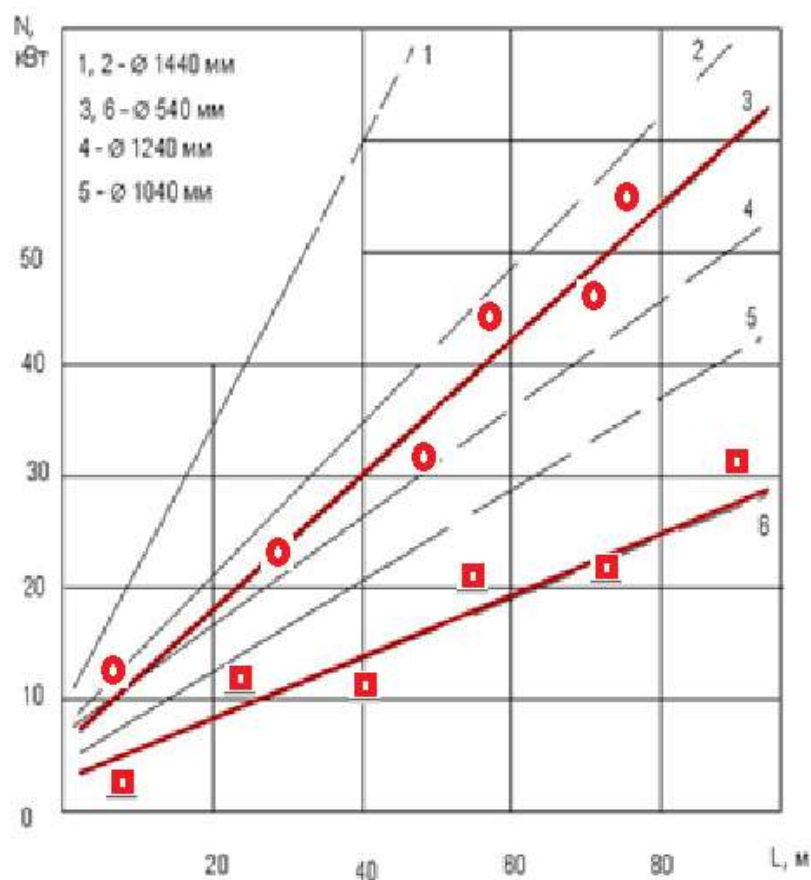


Рис.4.8. Зависимость мощности вращателя при бурении от длины скважины: 1,3 – “сухое” бурение; 2,4,5,6 – бурение с увлажнением

Это позволило оценить достоверность данных о процессах функционирования комплектов бурового оборудования, реализующих различные способы одноэтапных и двухэтапных технологических схем бурения, и получить обобщающие научно-технические рекомендации по режимам бурения и совершенствованию буровых машин [120].

При проведении испытаний фиксировались: мощность, потребляемая электродвигателем вращателя; напряжение в сети; частота вращения вала электродвигателя; скорость и усилие подачи бурового инструмента на забой. В комплект измерительной аппаратуры входил приборный комплекс для регистрации электрических характеристик, манометрический комплект (рис. 4.9). Уровень вибрации фиксировался виброанализатором Агат-М. Определение требуемого расхода воды осуществлялось

по расчету, а его установление и контроль производились путем измерения времени наполнения мерной емкости. Влажность продуктов разрушения контролировалась путем отбора и высушивания проб. Усилие подачи регулировалось с помощью предохранительного клапана насосной станции. Частота вращения устанавливалась путем подбора звездочек цепной передачи, и переключением скоростей редуктора.



Рис.4.9. Элементы приборного комплекса для регистрации энергомеханических характеристик комплекта бурошнекового оборудования

Взаимосвязь режимных параметров бурения пионерной скважины отражена на графике (рис.4.10) [121]. Режимные параметры установлены при испытании бурошнекового инструмента с кольцевым опорным ободом, выполненным на забойном конце обсадной трубы, способствующему появлению радиального зазора между стенкой скважины и наружной поверхностью обсадной трубы.

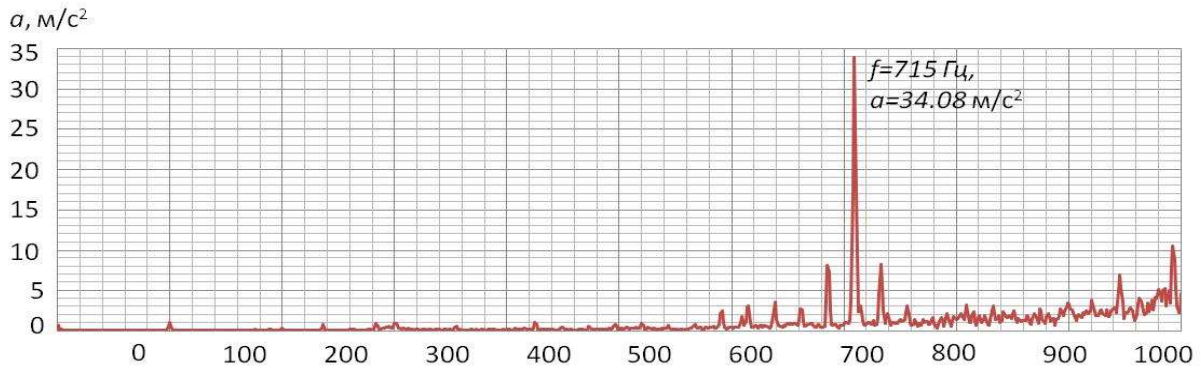


Рис 4.11. Результаты замера уровня вибрации на подшипниковом узле бурового замка

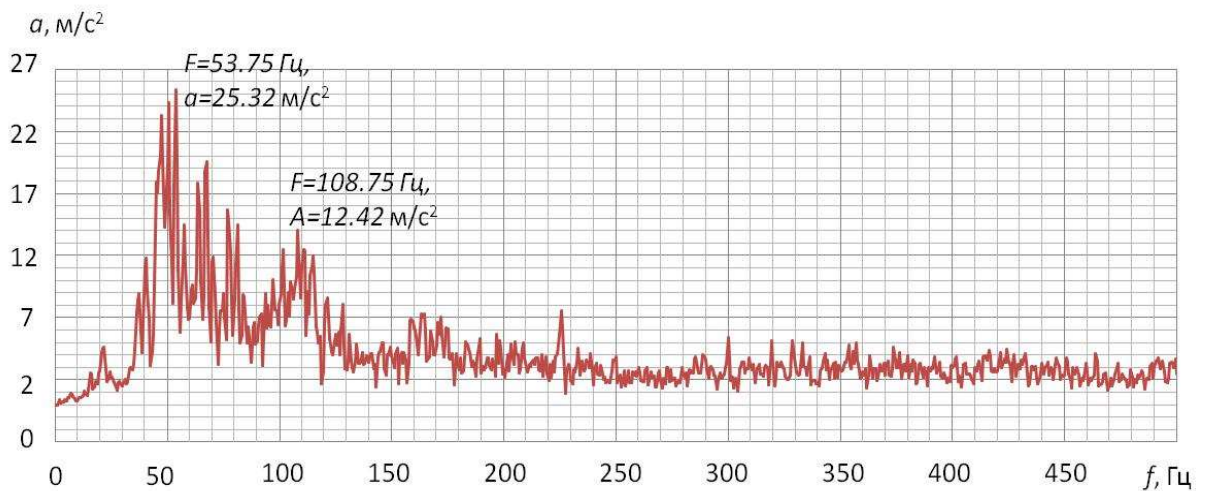


Рис 4.12. Результаты замера уровня вибрации на подшипниковом узле приводного электродвигателя

Анализ спектров вибрационного сигнала, полученных на подшипниковых узлах буровской установки, показал, что наиболее вероятными дефектами являются: раковины, трещины, износ тел качения, перекосы, разрушение сепаратора и нарушение смазки подшипников [122, 123]. Все перечисленные повреждения вызывают повышенный уровень вибрации в узлах буровского оборудования и при несвоевременном их устранении могут привести к аварийному отказу, что в свою очередь повлечет дорогостоящий ремонт и снизит производительность работ по сооружению горизонтальной скважины.



Рис. 4.13. Общий вид подшипника с разрушенными телами качения

Если повреждения подшипника электродвигателя можно объяснить несоосностью приводных звездочек цепной передачи и естественными причинами (наработка более 8000 часов), то повреждения подшипников в буровом замке носит явно аварийный характер. Это вызвано несовершенством конструкции корпуса бурового замка [124]. В процессе эксплуатации происходит разгерметизация корпуса (рис 4.2) и попадание вовнутрь продуктов разрушения, что приводит к заклиниванию подшипников (рис.4.13) и к более интенсивному протеканию деградационных процессов.

4.4. Разработка способа и устройств для снижения уровня вибрации и отказов узлов оборудования буровых машин

Как отмечалось ранее, основным источником получения информации о колебательных процессах в узлах бурового оборудования являются подшипниковые узлы. Подшипниковый узел бурового (рис. 4.14) замка представляет собой корпус, в котором установлено два наружных радиальных и два внутренних упорных подшипника качения [125]. Уровень значений механических колебаний, генерируемые при работе таких подшипников, зависят от многих факторов (размера, частоты вращения вала, типа тел качения, количества тел качения, нагрузки на валу и др.). Недостатками данного узла являются малый относитель-

ный ресурс и низкая эксплуатационная надежность, предопределяемые конструктивными особенностями, и, как следствие, необходимость в частом техническом обслуживании.

Изменение частоты вращения вала, на котором вращается подшипник, приводит к изменению уровня механических колебаний, которое определяется из следующего выражения:

$$\Delta L = 23.3 \times \lg \left(\frac{n_1}{n_2} \right), \quad (4.1)$$

где ΔL – изменение уровня механических колебаний, дБ; n_1 и n_2 – соответственно начальная и конечная частоты вращения вала подшипника, с^{-1} .

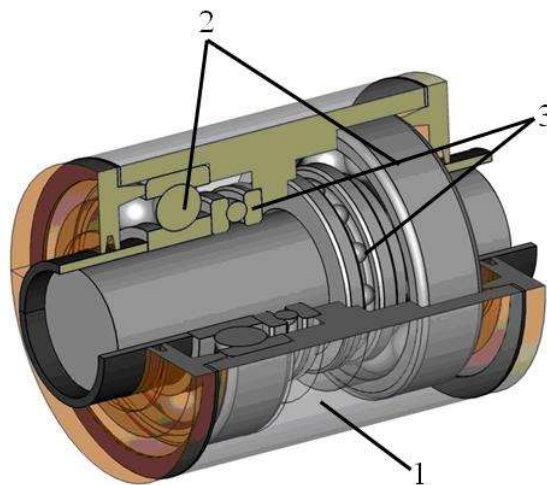


Рис. 4.14. Подшипниковый узел бурового замка буровых машин: 1 – корпус, 2 – радиальные подшипники, 3 – упорные подшипники

Если учесть, что частота вращения шпинделя изменяется от 27 до 42 с^{-1} , то уровень шума в подшипниковом узле изменится на 4.5 дБ.

Снизить уровень вибрации, избежать заклинивания в узлах буровых машин возможно двумя путями:

- воздействием на источник вибраций;
- воздействием на оборудование, в котором возникают колебательные процессы.

Значительное влияние на генерацию механических колебаний оказывает тип и качество смазки. Для обеспечения снижения их уровня заполнение камер подшипниковых узлов смазочным материалом должно быть не более чем на 50% объема, обеспечивая при этом надежное уплотнение в местах установки крышек. Смазочные вещества обеспечивают частичную сохранность фрикционных зоны подшипников от воздействия температуры и влаги, дают возможность уменьшить размеры, снизить стоимость подшипникового узла и создает предпосылки к уменьшению расхода смазочных материалов, упрощению обслуживания [126, 127].

К недостаткам стандартных способов смазывания следует отнести: относительное увеличение потерь на внутреннее трение, трудность контроля за состоянием смазочного материала, затрудненное предупреждение аварийных ситуаций, связанных с возможными задирами и заклиниванием подшипника случайными загрязнениями.

Для предотвращения заштыбовки промежуточных подшипниковых опор шнекового става, снижения уровня механических колебания и негативного влияния вибрации на узлы вращательно-подающего механизма бурошнековой машины на кафедре горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева разработан способ бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин и устройство для его осуществления [136] (рис. 4.15). В процессе бурения пионерных горизонтальных и слабонаклонных скважин расширитель 1 бурового инструмента прикрепляют к забойной части колонны обсадных труб 3, через зафиксированные лучи головного опорного подшипникового узла 4, непрерывно вращают и перемещают вместе с ней поступательно в осевом направлении со скоростью $V_{\text{бур}}$. Опорные подшипниковые узлы 5 установлены в разрывах шнековой спирали и размещены внутри вкладышей-замков 6, жестко соединенных с секциями комплекта обсадных труб 3 с возможностью поворотно-кинематического взаимодействия с внутренней винтовой спиралью. Так как трехгранные опоры подшипниковых узлов 5 осуществляют возвратно-циклические осевые перемещения вместе с секционным, непрерывно вра-

щающемся шнековым ставом 2 со скоростью $V_{шбн}$ то они поворачиваются реверсивно либо по часовой стрелки, либо против, что обеспечивает непрерывное транспортирование продуктов разрушения забоя через участки разрывов шнековой спирали длиной l_p .

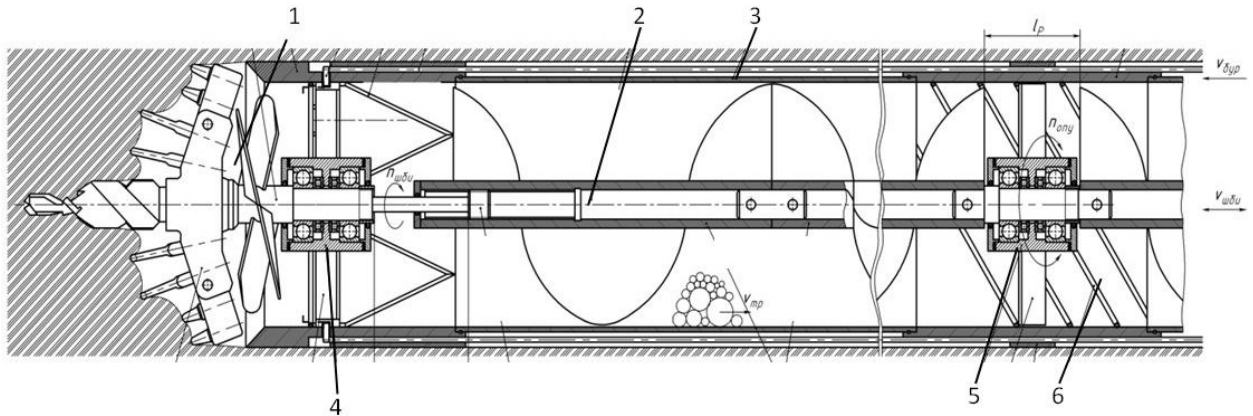


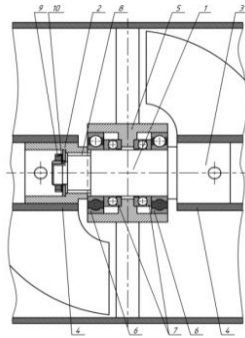
Рис 4.15. Узлы оборудования к реализации способа и устройства для бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин по патенту РФ 2578081: 1 – расширитель; 2 – шнековый став; 3 – колонна обсадных труб; 4 – головной опорный подшипниковый узел; 5 – подшипниковый узел, размещенный в разрыве шнековой спирали; 6 – проставка – замок с внутренней спиралью

Для уменьшения длины участков разрывов шнековой спирали разработана опора шнекового бурового става с подшипниковым опорным узлом без торцевых крышек на корпусе (рис. 4.16 а), который рекомендован к использованию в конструкции бурового замка (рис. 4.16 б), в опорных узлах (рис. 4.16 в) и якорно-прицепных устройствах (рис. 4.16 г) расширителей обратного хода. Основой перечисленных унифицированных опор составляют радиальные подшипники с АФЗ.

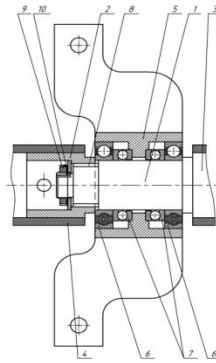
Опорный подшипниковый узел, включающий ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового инструмента, корпус, в котором установлены два наружных самогерметизированных радиальных и два внутренних упорных подшипника качения, отличающийся тем, что на ступенчатом валу выполнен шлицевой хвостовик, который подвижно сопряжен с одним из замковых приспособлений в виде съемной шлицевой втулки с возможностью регулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных

подшипников качения [128-130] (приложение 1). Применение в данной конструкции радиальных подшипников с твердым антифрикционным наполнителем (АФЗ) позволит увеличить их ресурс и предотвратит попадание продуктов разрушения на трущиеся поверхности [131, 132].

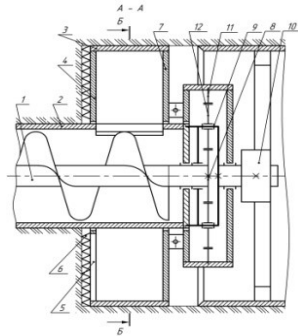
а)



б)



в)



г)

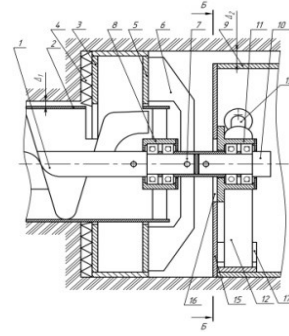


Рис. 4.16. Опорные узлы на подшипниках с АФЗ: а) бурового замка; б) промежуточной опоры бурового става; в) расширителя обратного хода с планетарным редуктором; г) расширителя обратного хода с радиальной разгрузкой якорно-прицепного устройства от веса кожуха

Опорный подшипниковый узел, включающий ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового инструмента, корпус, в котором установлены два наружных самогерметизированных радиальных и два внутренних упорных подшипника качения, отличающийся тем, что на ступенчатом валу выполнен шлицевой хвостовик, который подвижно сопряжен с одним из замковых приспособлений в виде съемной шлицевой втулки с возможностью ре-

гулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных подшипников качения [128-130] (приложение А). Применение в данной конструкции радиальных подшипников с твердым антифрикционным наполнителем (АФЗ) позволит увеличить их ресурс и предотвратит попадание продуктов разрушения на трущиеся поверхности [131, 132].

В настоящее время разработкой, изготовлением и внедрением подшипников качения данного типа занимается один из лидеров мировой подшипниковой промышленности, как шведская фирма SKF [133].

Подшипники с АФЗ обладают рядом достоинств:

- использование недорогих, недефицитных твердосмазочных материалов (в том числе и отходов производства);
- значительный запас смазочного материала, который занимает практически полностью свободное пространство подшипника;
- - низкий момент трения за счет пленкообразования.

Перечисленные преимущества подшипников с АФЗ позволяют рассматривать их как перспективные для использования в узлах буровых машин.

Ниже приведены результаты замеров вибрации на двух вариантах подшипниковых узлов бурового замка, один из которых оснащен стандартными радиальными подшипниками, а другой модернизированными подшипниками с АФЗ [134, 135], при бурении горизонтальных скважин для прокладки магистрального водовода в 10-м микрорайоне г. Прокопьевска, (табл. 4.5, рис 4.16).

На первом этапе бурение осуществлялось при использовании в конструкции бурового замка первого варианта радиально упорного подшипникового узла традиционной конструкции. Длина скважины составила 25 м. диаметр 530 мм. На втором этапе бурения использован второй конструктивный вариант бурового замка с подшипниковым узлом на базе модернизированных радиальных, подшипников, оснащенных АФЗ. Длина пробуренной скважина составила 17 м, что позволило произвести сопоставления результатов вибрационного обследования.

Сравнение уровня вибрации на двух вариантах конструкций подшипниковых узлов бурового замка, представлены на рис 4.17. Результаты применения подшипников с АФЗ подтверждены актами промышленных испытаний при бурении горизонтальных скважин (приложение Б).

Таблица 4.5

Сравнение значений виброускорения на подшипниковых узлах

№ п/п	Длина скважины, м	Подшипниковый узел, оснащенный стандартными подшипниками		Подшипниковый узел, оснащенный подшипниками с АФЗ	
		Частота, Гц	Пиковое значение a , м/с ²	Частота, Гц	Пиковое значение a , м/с ²
1	0 (холостой ход)	716,47	1,1052	714,54	0,0586
2	1,0	717,23	1,0868	715,15	0,0508
3	3,0	714,96	0,0773	715,25	0,0489
4	6,5	715,85	1,0795	715,41	0,0475
5	9,0	714,25	1,0763	715,35	0,0473
6	11,0	714,28	1,0801	714,92	0,0485
7	13,0	714,45	1,0827	715,23	0,0479
8	15,5	715,03	1,0786	714,86	0,0497
9	20,0	715,25	1,0791		
10	24,5	683,25	1,0370		

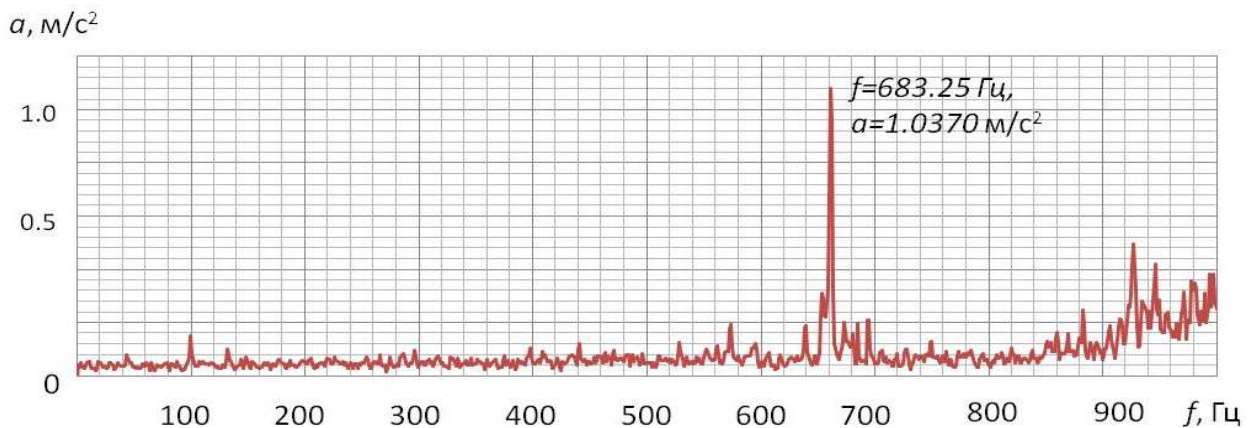


Рис 4.16. Результат замера уровня вибрации с новыми подшипниками

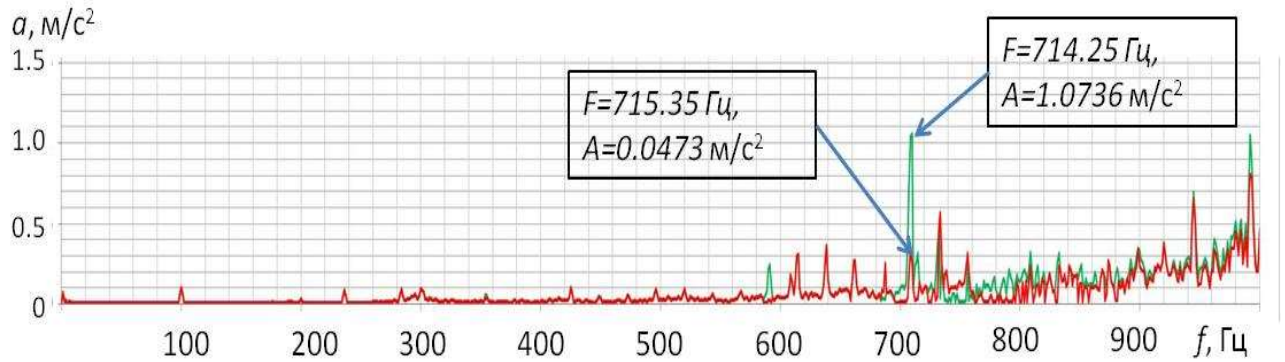


Рис 4.17. Результат замера уровня вибрации на подшипниковом узле с новыми подшипниками (—) и радиальными подшипниками с АФЗ (—)

Как видно из рис. 4.17 уровень вибрации в опорном узле оснащенном подшипниками с АФЗ снизился более чем в два раза по сравнению с обычными радиальными подшипниками.

4.5. Выводы

1. В процессе эксплуатации бурошнековых машин выявлено, что наиболее опасными узлами механического оборудования бурошнековых машин по параметрам разгерметизации, повышенной вибрации и потере работоспособности и времени восстановления после отказов являются радиально-упорные подшипниковые узлы буровых замков, расширителей прямого и обратного хода.
2. Установлено, что разгерметизация внутреннего пространства подшипниковых узлов механического оборудования бурошнековых машин приводит к заклиниванию серийных радиальных подшипников и валов вращательно-подающего механизма, промежуточных опор шнекового става и спеканию, проникших во внутрь, продуктов разрушения.
3. Рекомендовано, при эксплуатации бурошнекового оборудования осуществлять оценку фактического технического состояния путем вибрационного

диагностического обследования подшипниковых узлов вращательно подающего механизма и опор бурошнекового инструмента.

4. Доказано, что применение в опорных узлах вращательно подающего механизма и бурошнекового инструмента для двухэтапного бурения горизонтальных скважин радиальных подшипников с АФЗ без торцевых крышек корпуса препятствует попаданию продуктов разрушения во внутренние пространства на трущиеся части подшипников, снижает уровень вибрации в подшипниковом узле бурового замка более чем в два раза, при увеличении срока службы и снижении временных затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Заключение

В диссертационной работе дано решение актуальной научной задачи установления связей технического состояния отдельных узлов и агрегатов буровых машин и инструмента для бурения горизонтальных скважин большого диаметра с вибрационными характеристиками, имеющей существенное значение для горного машиностроения и позволяющей оценить эффективность и безотказность эксплуатации.

Основные выводы, научные и практические результаты работы сводятся к следующему:

1. Определен диапазон коэффициента значимости ($K_{зн} = 55,9 - 120$) факторов, влияющих на эксплуатационную надежность опорных узлов оборудования БШМ и инструмента по результатам ранжирования групп приоритетных параметров.

2. Установлено, что простои от отказов вращательно-подающего механизма и бурового инструмента превышают в 1,7 раза простои от отказов других систем БШМ.

3. Обоснован метод функциональной диагностики по параметрам вибрационных процессов, генерируемых на корпусе радиально-упорных подшипниковых узлов систем вращения и подачи, а также в промежуточных опорах бурового инструмента, для оценки технического состояния БШМ.

4. Предложены технические решения, обеспечивающие снижение уровня вибрации опорных подшипниковых узлов буровой машины и инструмента для двухэтапного бурения горизонтальных скважин большого диаметра (530-2000 мм).

5. Доказано, что применение в опорных узлах буровых машин и инструмента подшипников с АФЗ (Патент РФ № 144475, 156637, 156638, положительное решение по заявке на группу изобретений № 2015102313) позволяет снизить общий уровень вибрации в 1,75-2,3 раза, преждевременный износ секционного шнекового става и весовые нагрузки на расширитель обратного хода.

Направления дальнейших исследований

1. Изучить влияние развития уровня механических колебаний на сохранение прямолинейности сооружаемой скважины.
2. Разработать методику оценки технического состояния буровых машин с комплектом инструмента на этапе расширения горизонтальных скважин обратным ходом.
3. Сформировать комплект датчиков положения и вибрации элементов бурового оборудования в рабочем пространстве для контроля точности процесса бурения скважины и определение её критической длины.

Литература

1. Erhebung der Federation Europeenne de la Construction (FIEC). - Paris, 1983.
2. Материалы 26-й конференции и выставки Международного общества по бестраншейным технологиям [Электронный ресурс]. – М: SIBICO InternationalLtd., 2008. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM): цв.; 12см - Загл. с контейнера. - ISBN 978 -5-9900677-5-2.
3. <http://energogs.ru/biblioteka/statyi/gorizontalnoe-shnekovoe-burenie-buroshnek>
4. А. Д. .Игнатъев Технология подземной выемки угля и перспективы её развития.- М.: Углетехиздат, 1959
5. Г. Е. Лавров, Т. Х. Сатаров Машины и оборудование для сооружения трубопроводов больших диаметров под дорогами.- М.: 1974 – 73с.
6. Н. А. Ганичев, П. А. Анатольевский, О. М. Шнееров Производство буровых работ в строительстве.-М.: Стройиздат,1966.-331 с.
7. Н. Я. Кершенбаум, В .М. Минаев Виброметод в проходке горизонтальных скважин. -М.: Недра, 1968.- 153 с.
8. Л. Е. Маметьев, И. Н. Пуркаев Результаты промышленных испытаний расширителей обратного хода при сооружении подземных горизонтальных переходов //Механизация горных работ: Межвуз. Сб. науч. Тр./Кузбас. Политехн. Ин-т.-Кемерово, Вып.1-1977.-С. 150-152.
9. Маметьев Л.Е. Обоснование и разработкиспособов горизонтального бурения и оборудования бурошнековых машин: Дис. ... докт.техн.наук. – Кемерово, 1992. – 492 с.
10. ООО «Северная перспектива» – Неуправляемые установки горизонтального шнекового бурения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://nprdr.ru/hwr>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

11. «Навигатор-СБС» – горизонтальное бурение, направленное бурение, горизонтальное направленное бурение [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.navigatorsbs.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
12. «Фалькон» – группа компаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://falcon.su/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
13. ООО «Крепъ» – технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://krep.mccinet.ru/s34.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
14. Комплексы горизонтально направленного бурения. Назначение и область применения Компания «Техмашэкспорт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.tmegroup.kiev.ua/shtml/komplexNB_ru.shtml, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
15. Инженерные сооружения и коммуникации методом горизонтально направленного бурения (ГНБ). ГПР Инжстрой [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.ingstroy.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
16. ООО «Газстроймашина» один из российских лидеров в области проектирования и изготовления оборудования для предприятий нефтегазовой отрасли и энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://gazmashina.narod.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
17. ООО «Ярославский подводник» – Технология горизонтально направленного бурения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.yarpodvodnik.ru/pages/tech/HDD.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
18. «Радиант» – строительство водопроводов. Проектирование, сооружение, обслуживание трубопроводов, наружных и внутренних сетей отопления, водопровода и канализации; продажа оборудования горизонтального бурения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://radeant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.
19. Фирма «Горизонталь» производство бурового оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.horizontal.h17.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

20. ОАО «Кропоткинский машиностроительный завод». Установка горизонтального бурения УГБ-17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.kremz.ru/ugb.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

21. Маметьев Л.Е. Результаты промышленных испытаний расширителей обратного хода при сооружении подземных горизонтальных переходов / Л.Е. Маметьев, И.Н. Пуркаев // Механизация горных работ: Межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово. - Вып.1.- 1977. - С. 150-152.

22. Маметьев Л.Е. Характеристика и реологические свойства разжиженных продуктов разрушения при бурении горизонтальных скважин / Л.Е. Маметьев, А.Н. Ананьев, Ю.Е. Воронов // Механизация горных работ: Межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, 1986. - С. 83-85.

23. Маметьев Л.Е. Влияние влажности продуктов бурения на работу шнекового става / Л.Е. Маметьев, А.Н. Ананьев // Механизация горных работ: Межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, 1988. - С. 90-94.

24. Стенд для исследования различных способов бурения горизонтальных скважин: Информ. листок / М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев, А.Н.Ананьев, С.М.Карпенко - Кемерово: ЦНТИ, 1988. - № 497-88 – 4с.

25. А.с. 1513090 СССР, МКИ4 E02 5/18. Способ бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин / М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев, А.Н.Ананьев и др.; Кузбас. политехн. ин-т. - Оpubл. 07.10.89. Бюл. № 37.

26. Сафохин М.С. Взаимосвязь процессов разрушения и транспортирования горных пород при шнековом бурении горизонтальных скважин / М.С. Сафохин, Л.Е. Маметьев, А.Н. Ананьев // Физические процессы горного производства: Тез.докл. X Всесоюз. науч. конф. вузов СССР с участием научн. - исслед. инст. - М., 1991. - С. 102.

27. Маметьев Л.Е. Прогноз грунтовых условий при эксплуатации шнековых машин горизонтального бурения // Механизация горных работ: Сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, 1992. - С. 92-98.

28. Маметьев Л.Е. Параметры технологической схемы и оборудования для двухэтапного процесса бурения горизонтальных скважин // Механизация горных работ: Сб. науч.тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, 1992. - С. 92-98.
29. Сафохин М.С. Гидромеханические процессы транспорта продуктов бурения шнековым исполнительным органом / М.С. Сафохин, Л.Е. Маметьев, Л.Л. Моисеев // Перспективы развития технологий и средств бурения: Тез.докл. Всерос. науч. - практ. конф. - Кемерово, 1995. - С. 37-38.
30. Пуркаев И.Н. Установка для бурения горизонтальных скважин в вязких грунтах / И.Н. Пуркаев, Л.Е. Маметьев, Г.А. Кабаев // Механизация строительства. - 1975. - № 12. - С.22.
31. Маметьев Л.Е. О закономерностях транспортирования частицы разгрузочными шнеками расширителей горизонтальных скважин / Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин // Механизация горных работ: Межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, - Вып.2. - 1978. - С. 157-163.
32. Логов А.Б. Структура нагрузок при работе расширителей горизонтальных скважин / А.Б. Логов, Л.Е. Маметьев // Механизация горных работ: Сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово. - 1984. - С. 139-141.
33. Карпенко С.М. Обоснование способа бурения горизонтальных скважин и определение параметров расширителей обратного хода: Дис. ... канд. техн. наук. - Кемерово, 1991. - 174 с.
34. А.с. 1666676 СССР, МКИ5 E21B7/28. Расширитель обратного хода для бурения горизонтальных скважин / М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев, А.Н.Ананьев и С.М.Карпенко; Кузбас. политехн. ин-т, - Оpubл. 30.07.91. Бюл. № 28.
35. А.с. 855180 СССР, МКИЗ E21B17/00. Шнековая буровая штанга для машин горизонтальнобурения / М.С.Сафохин, Б.А.Катанов, Л.Е.Маметьев и др.; Кузбас. политехн. ин-т, - Оpubл. 15.08.81. Бюл № 30.
36. Буровой став для машин горизонтального бурения: Информ. листок / М.С.Сафохин, Л.Е.Маметьев, А.Н.Ананьев, С.М.Карпенко. - Кемерово: ЦНТИ, 1988. - № 88-54. - 4 с.

37. А.с. 1469115 СССР, МКИ4 E21C1/00. Буровой став для машин горизонтального бурения / М.С.Саfoxин, Л.Е.Маметьев и др.; Кузбас. политехн. ин-т, - Оpubл. 30.03.89. Бюл. № 12.
38. Буровой став для машин горизонтального бурения: Информ. листок / М.С.Саfoxин, Л.Е.Маметьев, Е.Н.Куракулов, А.Н.Ананьев. - Кемерово: ЦНТИ, 1991. - № 91-13. - 4 с.
39. А.с. 1661397 СССР, МКИ5 E21C1/00. Буровой став для машин горизонтального бурения / М.С.Саfoxин, Л.Е.Маметьев, А.Н.Ананьев, С.М.Карпенко; Кузбас. политехн. ин-т, - Оpubл. 07.07.91. Бюл. № 25.
40. Кравченко В.М. Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования: Монография. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2004. – 504 с
41. Берман А. Ф. Деградация механических систем. Новосибирск: Наука, 1998. 320 с.
42. Берман А. Ф., Николайчук О. А., Юрин А. Ю. Автоматизация прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса деталей уникальных машин и аппаратуры // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2009. № 3. С. 48–57.
43. Доукин А.В. Фролов А.Г., Позин Е.З. Выбор параметров выемочных машин.-М.:Наука,1976.-144с.
44. Линник Ю.Н. Основы расчета надежности и эффективности функционирования шнековых исполнительных органов угледобывающих комбайнов в различных условиях эксплуатации: Дисс. докт. техн. наук. М.: Институт горного дела им. А.А. Скочинского, 1991.
45. Солод Г. И. Управление качеством горных машин./ Г. И. Солод, Я. М. Радкевич // М. – МГИ. - 1978. – 178 с.
46. Квагинидзе В.С. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт карьерного горно-транспортного оборудования в условиях низких температур: Дисс. Докт. Техн. наук. Кемерово: КузГТУ, 2003.

47. Карасев А. И. Теория вероятностей и математическая статистика.// М. - Статистика. - 1970. – 206 с.
48. Рыжев П. А. Математическая статистика в горном деле.// М. - Высшая школа. - 1973. – 147 с.
49. Диагностирование механического оборудования металлургических предприятий: Монография / Седуш В.Я., Кравченко В.М., Сидоров В.А., Ошовская Е.В. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2004. – 100 с.
50. Чумичев, А. М. Техника и технология неразрушающих методов контроля деталей горных машин и оборудования.– Москва: Московский государственный горный университет, 2003. – 380 с.
51. Герике, Б. Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов. – В 2-х ч.: Ч.1. Мониторинг технического состояния по параметрам вибрационных процессов.// Кемерово. – Кузбас.гос.техн.ун-т. – 1999. – 189 с.
52. ГОСТ 23479-79 Контроль неразрушающий. Методы оптического контроля. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9с.
53. http://npp-dnk.ru/vizualnyy_i_izmeritel
54. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю
55. Коллакот Р. Диагностика повреждений: Пер. с англ. – М.:Мир, 1989. – 512 с.
56. Брошюра фирмы "Брюль и Кьер". "Шум окружающей среды". 2000. – 60 с.
57. Вавилов В.П. Тепловой контроль//Спр. «Неразрушающий контроль», том 5, М.:Машиностроение, 2004. С. 9-361.
58. Будадин О.Н., Потапов А.И., Колганов В.И., Троицкий-Марков Т.Е. Абрамова Е.В. Тепловой неразрушающий контроль изделий. М.: Наука, 2002. 476 с.
59. Дроздов В.А., Кузнецов В.В., Рогатинская С.Л. Введение в физико-химические методы анализа. М.: РХТУ, 1980. – 80 с.

60. Капранов Б.И., Короткова И.А. Спектральный анализ в неразрушающем контроле. Томск. Издательство томского политехнического университета, 2010. – 122 с.
61. Герике Б.Л.; Абрамов, И.Л.; Герике, П.Б. Вибродиагностика горных машин и оборудования. – Учебное пособие – Кемерово: КузГТУ, 2007. – 167 с.
62. Ширман А, Соловьев А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. – М., 1996. – 276 с.
63. Харазов, А. М. Техническая диагностика гидроприводов машин. // М. – Машиностроение. – 1979. – 112 с.
64. Богданов Е. А. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учебное пособие для вузов/Е. А. Богданов. – М.: Высш. Шк, 2006. – 279 с.
65. Порядков В.И. Проектирование малошумных механизмов. – М.: Машиностроение, 1991. – 63 с
66. Турханов В.М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
67. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
68. Профос П. Измерения в промышленности. Справочник. В 3-х книгах. – М.: Металлургия, 1990. - Книга1 – 492 с.; Книга2 – 384 с. ; Книга3 – 344 с.
69. Бендат Д, Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
70. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — 751 с.
71. Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А. Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. СПб.: Изд. СПбМТУ, 2000.
72. <http://www.smartsensor.su/vibrate/ar63a.html>
73. <http://www.technekon.com/products/prodc-1094p-144.html>
74. http://www.diamech.ru/vibration_analyzer_onyx.html
75. <http://blog.vibroexpert.ru/?p=785#more-785>

76. Краковский, Ю. М. Математические и программные средства оценки технического состояния оборудования. – Новосибирск: Наука, 2006. – 228с.
77. В.И. Бобровицкий, В.А. Сидоров Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт. - Донецк: Юго-Восток, 2011. - 238 с.
78. Коллакот Р.А. Диагностирование механического оборудования. - Л.: Судостроение, 1980. - 281 с.
79. Берман А. Ф. Деградация механических систем. Новосибирск: Наука, 1998- 320 с.
80. Берман А. Ф., Николайчук О. А., Юрин А. Ю. Автоматизация прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса деталей уникальных машин и аппаратуры // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2009. № 3. С. 48–57.
81. <http://www.krasbur.com/archives/275>
82. Данилов Б.Б., Смоляницкий Б, Н. Анализ тенденций развития современных технологий сооружения скважин в породном массиве. / Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2014. Т. 2. № 1. С. 104-113.
83. Данилов Б.Б., Смоляницкий Б.Н., Григорашенко В.А., Похил Ю.Н. Современные технологии бестраншейной прокладки подземных коммуникаций. / Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 2. С. 83-86.
84. Герике, Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов. Диагностика технического состояния на основе анализа вибрационных процессов/ Б.Л. Герике – Кемерово :КузГТУ, 1999 – 230 с.
85. Васильченко В.А. Особенности расчета гидросистем строительных и дорожных машин, работающих при низких температурах. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1971 г.
86. Квагинидзе, В.С. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт карьерного горнотранспортного оборудования в условиях низких температур / В.С. Квагинидзе – Кемерово :КузГТУ, 2003 – 39 с.

87. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник в 2-х т. под редакцией А.А. Герасименко. Москва: «Машиностроение», 1987.
88. Махно Д.Е. Эксплуатация и ремонт механических лопат в условиях Севера / Д.Е. Махно, А.И. Шадрин – М.:Недра, 1992 – 128с.
89. http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=398
90. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
91. Техническое обслуживание и ремонт горношахтного оборудования / А. Н. Коваль, А. М. Горлин, В. И. Чекавский [и др.]. – М.: Недра, 1987. – 344 с.
92. Курбатова О.А. Надежность горных машин / О.А. Курбатова, Л.С. Ксендзенко, Д.Н. Николайчук. – Владивосток: Издательство ДВГТУ, 2005 – 115с.
93. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БВХ-Петербург, 2006 – 702 с.
94. Кубачек В.Р. Основы надежности горных машин / В.Р. Кубачек, Л.Г. Куклин. – Свердловск, 1982 – 78 с.
95. Проников А.С. Основы надежности и долговечности машин. М.: Издательство стандартов, 1969 – 160 с.
96. Сугак Е.В. Надежность технических систем / Е.В. Сугак, Н.В. Василенко. – МГП «Раско»: Красноярск, 2001 – 607с.
97. Гутов, И.А. Прогнозирование состояния электродвигателей на основе использования многофакторных моделей старения изоляции: Дис... канд. техн. наук. – Барнаул, 1997. -265 с
98. Теория прогнозирования и принятия решений /С.А. Саркисян, В.И. Каспин, В.А. Лисичкин и др.; Под ред. С.А. Саркисяна. - М.: Высш. школа, 1977. - 351 с
99. Барлоу Р., Крошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. - М.: Наука, 1984. – 234 с

100. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. — М.: Советское радио, 1979 – 184с.
101. А.Б. Бушуев, Математическое моделирование процессов технического творчества – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 181с.
102. Бушуев А.Б., Григорьев В.В., Смирнов А.В. Решение изобретательских задач в электромеханике и автоматике. Методические указания. Л., 1990.
103. Максименко А.Н., Антипенко Г.Л., Лягушев Г.С. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин. Учебное пособие – СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 301с.
104. Маметьев Л. Е., Дрозденко Ю. В., Любимов О. В. Результаты разработки подшипниковых опор шнекового става для машин горизонтального бурения/ Сборник докладов конференции No-Dig 2012. – М.: - 2012. с. 3 – 10 IBSN 978-5-904942-05-5
105. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть I. Общие требования.
106. ГОСТ Р ИСО 10816-3-99. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть III. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин-1.
107. ГОСТ 20815-93 (МЭК 34-14-82). Машины электрические вращающиеся. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения 56 мм и более. Измерение, оценка и допустимые значения.
108. ГОСТ 16921-83. Машины электрические вращающиеся. Допустимая вибрация.
109. ИСО 2373. Механическая вибрация вращающихся электрических машин с высотой вала 80-400 мм. Измерение и оценка интенсивности вибрации.
110. РТМ 38.001-94. Указания по расчету на прочность и вибрацию стальных технологических трубопроводов, приложение 4.10 «Предельно допустимое значение вибрации редукторов».

111. А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. – М.:- 1996 г. – 276 с.

112. <http://iors-2020.com/>

113. Герике Б. Л. Оценка технического состояния бурошнековых машин по параметрам вибрации / Л. Е. Маметьев, Ю. В. Дрозденко, О. В. Любимов // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – №5. – С. 47-49.

114. Диагностика горных машин и оборудования./ Б. Л. Герике, П. Б. Герике, В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, А. А. Хорешок.// М.: ИПО «У Никитских ворот», 2012. – 400 с.

115. Герике Б. Л. Промышленная апробация методики дагностического обследования бурошнекового оборудования / Б. Л. Герике, Л. Е. Маметьев, Ю. В. Дрозденко // Проблемы экспертизы промышленной безопасности в Сибирском Федеральном округе. Сборник трудов Т.2 / под ред. А. Н. Смирнова. – М.: Машиностроение. – 2015. – С. 68-74.

116. Профилактическое обслуживание оборудования с применением виброанализа. – CSI. – 1990. – 252 с.

117. http://www.diamech.ru/analyzer_agat_m.html

118. Маметьев Л. Е., Дрозденко Ю. В., Любимов О. В. Результаты внедрения бурошнековых машин для бестраншейной прокладки коммуникаций. Материалы 27-й конференции и выставки Международного общества по бестраншейным технологиям NO-DIG 2010 [Электронный ресурс]. – М: SIBICO InternationalLtd., 2010. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв.; 12см - Загл. с контейнера. - ISBN 978 -5-904941-01-7.

119. Маметьев Л. Е. К вопросу реализации бурошнековых технологий в горном деле и подземном строительстве машин / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012. - № 2. - С. 211-216.

120. Маметьев Л. Е. О направлении создания бестраншейных технологий в материалах 26-й международной конференции «NO-DIG 2008» / Л. Е. Маметьев,

Ю. В. Дрозденко, К. А. Ананьев, О. В. Любимов, // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2013. - № 1. - С. 55-59.

121. Опыт использования бурошнековых машин и инструмента при прокладке инженерных подземных коммуникаций Маметьев Л.Е., Дрозденко Ю.В., Любимов О.В. В сборнике: Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции. 2011. С. 97-99.

122. Drozdenko Y.V. Formation Auger Equipment Reliability //Taishan Academic Forum - Project on Mine Disaster Prevention and Control. - 2014. - С. 171-176.

123. Герике Б. Л. Методология проведения диагностических обследований бурошнекового оборудования по параметрам механических колебаний / Б. Л. Герике, Ю. В. Дрозденко, Субботин А. Г. // Проблемы экспертизы промышленной безопасности в Сибирском Федеральном округе. Сборник трудов Т.1/ под ред. А. Н. Смирнова. – М.: Машиностроение. – 2015. – С. 68-78.

124. Маметьев Л. Е. Роль опорных подшипниковых узлов в буровой и горнотранспортной технике / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2011. - №55. - С. 142-153.

125. Маметьев Л. Е. Конструктивные элементы узлов и механизмов для шнековых машин горизонтального бурения / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко // Справочник. Инженерный журнал с приложением. - 2010. - №11. - С. 25-26.

126. Климов, К.И. Антифрикционные пластичные смазки. - М.: Химия, 1988. - 160 с.

127. Маметьев Л. Е. Оценка работоспособности необслуживаемых подшипников с АФЗ опорных узлов шнекового става при ресурсных испытаниях / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко // Научно-технический журнал «Горная Промышленность». - 2013. - № 1. - С. 86.

128. Пат. 144475 РФ: МПК Е 21 В10/44 (2006.01). Опорный подшипниковый узел бурошнекового инструмента / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко. : патентообладатель Федер. гос. бюджет.образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). - №2014112400/03.Заявл. 31.03.2014; опубл. 20.08.2014. Бюл. №23. – 2 с.

129. Пат. 156637 РФ: МПК Е 21 В7/28 (2006.01). Расширитель для бурения горизонтальных скважин / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко, Маметьев Е. А., Пономарев К. Д.: патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). - №2015116469/03.Заявл. 29.04.2015; опубл. 10.11.2015. Бюл. №31. – 2 с.

130. Пат. 156638 РФ: МПК Е 21 В7/28 (2006.01). Расширитель для бурения горизонтальных скважин / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко, Маметьев Е. А., Пономарев К. Д.: патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). - №2015117310/03.Заявл. 06.05.2015; опубл. 10.11.2015. Бюл. №31. – 2 с.

131. Любимов, О. В. Повышение ресурса подшипниковых опор шнекового става машин горизонтального бурения. Дисс. ... канд. техн. наук. Кемерово, КузГТУ. – 203 с.

132. Маметьев Л. Е. Обоснование параметров технического ресурса подшипниковых узлов инструмента бурошнековых машин / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2013. - № 1(95). - С. 16-18.

133. SKF dry lubricated bearings. – SKF Group, 2011. – 28 p.

134. Герике Б. Л. Оценка технического состояния бурошнековых машин по параметрам вибрации / Б. Л. Герике, Л. Е. Маметьев, Ю. В. Дрозденко // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – №7. – С. 28-31.

135. Маметьев Л. Е. Анализ существующих направлений повышения ресурса опорных узлов шнекового става машин горизонтального / Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012. - №56. - С. 43-50.

136. Пат. 2578081 РФ Способ бурения горизонтальных и слабонаклонных скважин и устройство для его осуществления/ Л. Е. Маметьев, О. В. Любимов, Ю. В. Дрозденко, Маметьев Е. А., Пономарев К. Д.: патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. профессион. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ).-№ 2015102313 03.Заявл. 26.01.2015; Положит. Решение от 03.12.2015.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾144475⁽¹³⁾ U1 (справочное)(51) МПК
E21B10/44 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 09.03.2016 - может прекратить свое действие
Пошлина: учтена за 1 год с 31.03.2014 по 31.03.2015(21), (22) Заявка: **2014112400/03, 31.03.2014**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **31.03.2014**(45) Опубликовано: [20.08.2014](#)

Адрес для переписки:

**650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, КузГТУ,
отдел управления интеллектуальными ресурсами**

(72) Автор(ы):

**Маметьев Леонид Евгеньевич (RU),
Любимов Олег Владимирович (RU),
Дрозденко Юрий Вадимович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ)
(RU)**(54) **ОПОРНЫЙ ПОДШИПНИКОВЫЙ УЗЕЛ СЕКЦИОННОГО БУРОШНЕКОВОГО ИНСТРУМЕНТА**

(57) Реферат:

Опорный подшипниковый узел секционного бурошнекового инструмента применим в горном деле и строительстве, в частности, при бурении скважин, и может быть использован в устройствах для центрирования в скважине секционного бурошнекового инструмента машин горизонтального бурения. Опорный подшипниковый узел секционного бурошнекового инструмента включает ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового инструмента, корпус, в котором установлена пара наружных самогерметизированных радиальных и пара внутренних упорных подшипника качения. На ступенчатом валу выполнен шлицевой хвостовик, который подвижно сопряжен с одним из замковых приспособлений в виде съемной шлицевой втулки с возможностью регулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных подшипников качения. Достижимый технический результат - предотвращение заклинивания подшипниковых узлов секционного бурошнекового инструмента путем обеспечения их регулирования и снижение энергоемкости процесса бурения. 1 ил.

Заявляемое техническое решение относится к горному делу и строительству, в частности, к бурению скважин, и может быть использовано в устройствах для центрирования в скважине секционного бурошнекового инструмента машин горизонтального бурения.

Известен опорно-центрирующий узел секционного бурошнекового инструмента с подшипником скольжения (Маметьев, Л.Е. Обоснование параметров технического ресурса опорных подшипниковых узлов инструмента бурошнековых машин / Л.Е. Маметьев, О.В. Любимов, Ю.В. Дрозденко. - Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2013, № 1, с. 16-18), содержащий ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового става, корпус с вкладышем.

Недостатками данного узла являются малый относительный ресурс и низкая эксплуатационная надежность, предопределяемые конструктивными особенностями, и, как следствие, необходимость в частом техническом обслуживании.

Известен подшипниковый узел для использования в качестве опорно-якорного и опорно-центрирующего устройства шнекового бурового става (Маметьев, Л.Е. Конструктивные элементы узлов и механизмов для шнековых машин горизонтального бурения / Л.Е. Маметьев, Ю.В. Дрозденко, О.В. Любимов. - Справочник. Инженерный журнал. 2010, № 11, с. 25-26, с. 3 обложки). Узел содержит ступенчатый вал, корпус, в котором установлены два наружных радиальных и два внутренних упорных подшипника качения. Для оптимизации массогабаритных характеристик и эксплуатационной надежности в составе конструкции использованы самогерметизированные радиальные подшипники качения, например, с твердосмазочным антифрикционным наполнителем.

Недостатком данного подшипникового узла является отсутствие возможности регулирования и фиксации осевых зазоров в паре упорных подшипников качения, их заклинивание при вращении секционного бурошнекового инструмента, передаче осевого усилия и повышение энергоемкости процесса бурения в целом.

Технический результат - предотвращение заклинивания подшипниковых узлов секционного бурошнекового инструмента путем обеспечения их регулирования и снижение энергоемкости процесса бурения.

Указанный технический результат достигается тем, что в опорном подшипниковом узле секционного бурошнекового инструмента, включающем ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового инструмента, корпус, в котором установлена пара наружных самогерметизированных радиальных и пара внутренних упорных подшипников качения, согласно заявляемому техническому решению, на ступенчатом валу выполнен шлицевой хвостовик, который подвижно сопряжен с одним из замковых приспособлений в виде съемной шлицевой втулки с возможностью регулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных подшипников качения.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежом (фиг. 1), представляющим сечение опорного подшипникового узла.

Заявляемый подшипниковый узел секционного бурошнекового инструмента включает ступенчатый вал 1, с замковыми приспособлениями 2 и 3 для крепления к секциям бурошнекового инструмента 4, корпус 5, в котором установлена пара наружных самогерметизированных радиальных подшипников качения 6 и пара внутренних упорных подшипников качения 7. На ступенчатом валу 1 выполнен шлицевой хвостовик 8, а одно из замковых приспособлений - 2 выполнено в виде съемной шлицевой втулки, подвижно сопряженной со шлицевым хвостовиком 8 с возможностью регулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных подшипников качения 7. Затяжка и стопорение осуществляются с помощью гайки 9 и стопорного кольца 10.

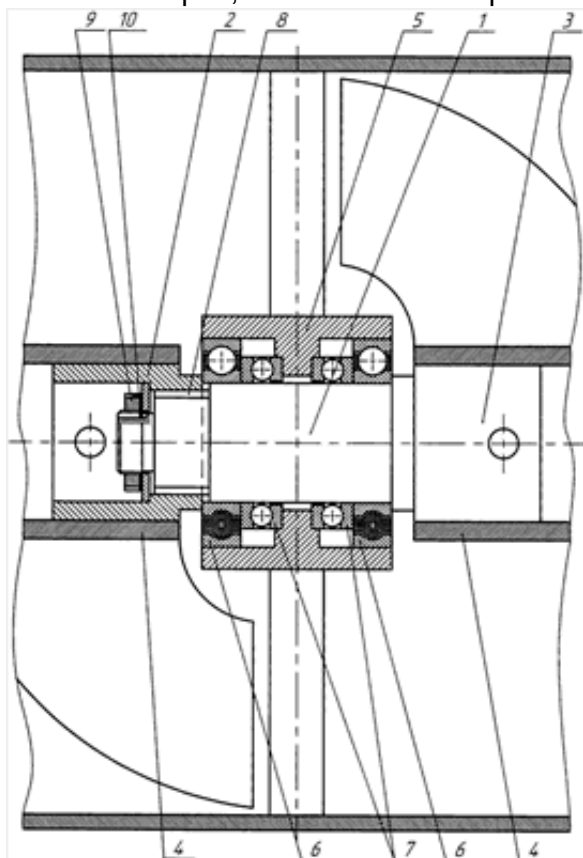
Опорный подшипниковый узел работает следующим образом. Ступенчатый вал 1 предварительно собран с подшипниками качения 6 и 7 в корпусе 5. На нем выполнен шлицевой хвостовик 8, на который для окончательной сборки узла надето замковое приспособление 2 в виде шлицевой втулки, свободно перемещающейся по хвостовику и упирающейся во внутренние упорные подшипники качения 7. Регулирование осевых зазоров, затяжка и стопорение в паре внутренних упорных подшипников качения 7 осуществляются с помощью гайки 9 и стопорного кольца 10. Затем опорный подшипниковый узел размещен между секциями бурошнекового инструмента 4 с использованием замковых приспособлений 2 и 3.

При бурении скважин крутящий момент между секциями бурошнекового инструмента 4 передается подвижным сопряжением между шлицевым хвостовиком 8 ступенчатого вала 1 и замковым приспособлением 2 в виде шлицевой втулки. В процессе эксплуатации зазоры в упорных подшипниках качения 7 возрастают, но могут быть минимизированы в процессе периодического технического обслуживания элементов бурового става путем повторного регулирования, затяжки и стопорения.

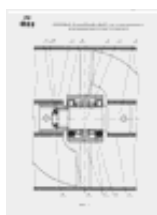
Таким образом, комбинация в предлагаемом техническом решении замкового приспособления и шлицевой втулки и образование затем совместно со шлицевым хвостовиком подвижного сопряжения обеспечивает, помимо передачи крутящего момента между секциями бурового става, регулирование и фиксацию зазоров в упорных подшипниках качения, благодаря чему снижается энергоемкость процесса бурения скважины.

Формула полезной модели

Опорный подшипниковый узел секционного бурошнекового инструмента, включающий ступенчатый вал с замковыми приспособлениями для крепления к секциям бурошнекового инструмента, корпус, в котором установлена пара наружных самогерметизированных радиальных и пара внутренних упорных подшипника качения, отличающийся тем, что на ступенчатом валу выполнен шлицевой хвостовик, который подвижно сопряжен с одним из замковых приспособлений в виде съемной шлицевой втулки с возможностью регулирования осевых зазоров, затяжки и стопорения в паре внутренних упорных подшипников качения.



РИСУНКИ



ТС1К - Изменение состава авторов полезной модели

(72) Автор(ы): **Маметьев Леонид Евгеньевич (RU),
Любимов Олег Владиславович (RU),
Дрозденко Юрий Вадимович (RU)**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **20.11.2014**

Дата публикации: [10.12.2014](#)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾156637⁽¹³⁾ U1(51) МПК
E21B7/28 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 09.03.2016 - действует
Пошлина: учтена за 1 год с 29.04.2015 по 29.04.2016(21), (22) Заявка: **2015116469/03, 29.04.2015**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.04.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **29.04.2015**(45) Опубликовано: [10.11.2015](#)

Адрес для переписки:

**650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, КузГТУ,
отдел управления интеллектуальными ресурсами**

(72) Автор(ы):

**Маметьев Леонид Евгеньевич (RU),
Любимов Олег Владимирович (RU),
Дрозденко Юрий Вадимович (RU),
Маметьев Евгений Александрович (RU),
Пономарев Константин Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ)
(RU)**

(54) РАСШИРИТЕЛЬ ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

(57) Реферат:

Заявляемое техническое решение относится к горному делу, а именно к оборудованию для бестраншейной прокладки инженерных подземных коммуникаций бурением горизонтальных скважин, закрепляемых колонной обсадных труб. Техническим результатом является повышение эффективности погрузки и транспортирования разбуренного грунта. Указанный технический результат достигается тем, что в расширителе для бурения горизонтальных скважин, включающем секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, режуще-погрузочный барабан в виде наружного цилиндра с передней стенкой, снабженной грунтоприемными окнами, перед которыми установлены режущие ножи, и задней стенкой, согласно заявляемому техническому решению секция шнекового бурового става жестко прикреплена к солнечной шестерне планетарного редуктора, разъемное водило которого жестко присоединено с одной стороны к приемному лотку, а с другой стороны - к якорно-прицепному устройству основной колонны обсадных труб за режуще-погрузочным барабаном, а зубчатый венец жестко прикреплен к задней стенке режуще-погрузочного барабана с реализацией встречно-направленного вращения режуще-погрузочного барабана и секции шнекового бурового става посредством кинематической связи через сателлиты. 2 ил., 1 п.ф.

Заявляемое техническое решение относится к горному делу, а именно к оборудованию для бестраншейной прокладки инженерных подземных коммуникаций бурением горизонтальных скважин, закрепляемых колонной обсадных труб.

Известен расширитель обратного хода, преимущественно для бурения горизонтальных скважин (Авторское свидетельство СССР № 454343, опубл. 25.17.1974, бюл. № 47), включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри цилиндрического приемного лотка, а также ротор с режущими ножами, грунтоотбойной лопастью и задней стенкой.

Недостатком данного расширителя является затруднительность разгрузки разбуренного грунта вследствие его налипания на металл.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является расширитель, преимущественно для бурения горизонтальных скважин (Авторское свидетельство СССР № 592975, опубл. 15.02.1978, бюл. № 6), включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, режуще-погрузочный барабан в виде наружного цилиндра с передней стенкой, снабженной грунтоприемными окнами, перед которыми установлены режущие ножи, и задней стенкой.

Недостатком известного расширителя является низкая эффективность погрузки разбуренного грунта из цилиндра расширителя в приемный лоток и дальнейшей его транспортировки секцией шнекового бурового става вследствие их однонаправленного вращения и, следовательно, возможной обратной выгрузки разбуренного грунта лопастью шнекового бурового става из приемного лотка обратно в погрузочный барабан.

Техническим результатом является повышение эффективности погрузки и транспортирования разбуренного грунта.

Указанный технический результат достигается тем, что в расширителе для бурения горизонтальных скважин, включающем секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, режуще-погрузочный барабан в виде наружного цилиндра с передней стенкой, снабженной грунтоприемными окнами, перед которыми установлены режущие ножи, и задней стенкой, согласно заявляемому техническому решению секция шнекового бурового става жестко прикреплена к солнечной шестерне планетарного редуктора, разъемное водило которого жестко присоединено с одной стороны к приемному лотку, а с другой стороны - к якорно-прицепному устройству основной колонны обсадных труб за режуще-погрузочным барабаном, а зубчатый венец жестко прикреплен к задней стенке режуще-погрузочного барабана с реализацией встречно-направленного вращения режуще-погрузочного барабана и секции шнекового бурового става посредством кинематической связи через сателлиты.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлено сечение устройства по А-А, на фиг. 2 - сечение по Б-Б.

Расширитель включает секцию шнекового бурового става 1, размещенную внутри приемного лотка 2, режуще-погрузочный барабан в виде наружного цилиндра 3 с передней стенкой 4, снабженной грунтоприемными окнами 5, перед которыми установлены режущие ножи 6, и задней стенкой 7. Секция шнекового бурового става 1 жестко прикреплена к солнечной шестерне 8 планетарного редуктора, разъемное водило 9 которого жестко присоединено с одной стороны к приемному лотку 2, а с другой стороны - к якорно-прицепному устройству 10 основной колонны обсадных труб за режуще-погрузочным барабаном, а зубчатый венец 11 жестко прикреплен к задней стенке 7 режуще-погрузочного барабана с реализацией встречно-направленного вращения режуще-погрузочного барабана и секции шнекового бурового става 1 посредством кинематической связи через сателлиты 12.

Заявляемое техническое решение работает следующим образом.

Приводимая в движение машинным агрегатом секция шнекового бурового става 1 вращается внутри приемного лотка 2 совместно с жестко прикрепленной солнечной шестерней 8 (как указано на фиг. 2 - по часовой стрелке). Разъемное водило 9 планетарного редуктора, жестко присоединенное с одной стороны к приемному лотку 2, а с другой стороны - якорно-прицепному устройству 10 основной колонны обсадных труб, оказывается заторможенным основную часть времени работы устройства силами трения приемного лотка 2 и протягиваемой колонны обсадных труб о стенки скважин в окружном направлении. Движение передается от солнечной шестерни 8 через сателлиты 12 на зубчатый венец 11, жестко прикрепленный к задней стенке 7 режуще-погрузочного барабана, реализуя таким образом встречно-направленное вращение последнего (как указано на фиг. 2 - против часовой стрелки) по отношению к вращению секции шнекового бурового става 1.

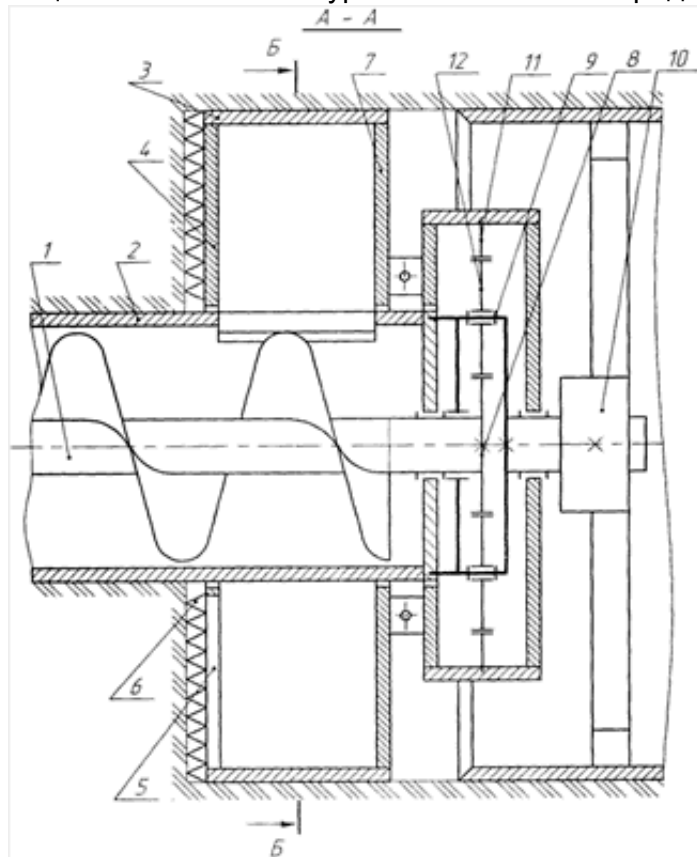
При таком направлении вращения режуще-погрузочного барабана разбуренный грунт (на фиг. 2 показан светло-серым) после разрушения забоя режущими ножами 6 поступает через грунтоприемные окна 5 в передней стенке 4 (на фиг. 2 показаны на вырывах) внутрь наружного цилиндра 3, где движется по его внутренней поверхности сонаправленно его вращению, а затем под воздействием гравитации падает в окно приемного лотка 2. Затем, вследствие встречно-направленного вращения секции шнекового бурового става 1 в его межвитковом пространстве формируется внутри приемного лотка 2 в противоположной от окна стороне транспортируемый массив разбуренного грунта (на фиг. 2 показан темно-серым).

Разъемное водило 9 освобождается от торможения и вращается в случае необходимости обеспечения правильного положения окна приемного лотка 2 или адаптивного вращения якорно-прицепного устройства 10 для начальной стыковки с основной колонной обсадных труб.

Таким образом, реализация в предлагаемом техническом решении встречно-направленного вращения режуще-погрузочного барабана и секции шнекового бурового става позволяет избежать обратной выгрузки разбуренного грунта лопастью шнекового бурового става из приемного лотка обратно в погрузочный барабан и чем самым достичь заявляемый технический результат, заключающийся в повышении эффективности погрузки и транспортирования разбуренного грунта.

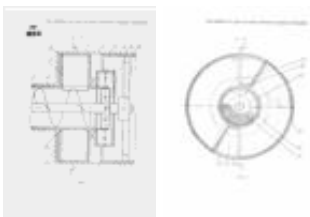
Формула полезной модели

Расширитель для бурения горизонтальных скважин, включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, режуще-погрузочный барабан в виде наружного цилиндра с передней стенкой, снабженной грунтоприемными окнами, перед которыми установлены режущие ножи, и задней стенкой, отличающийся тем, что секция шнекового бурового става жестко прикреплена к солнечной шестерне планетарного редуктора, разъемное водило которого жестко присоединено с одной стороны к приемному лотку, а с другой стороны - к якорно-прицепному устройству основной колонны обсадных труб за режуще-погрузочным барабаном, а зубчатый венец жестко прикреплен к задней стенке режуще-погрузочного барабана с реализацией встречно-направленного вращения режуще-погрузочного барабана и секции шнекового бурового става посредством



кинематической связи через сателлиты.

РИСУНКИ



Любимов Олег Владиславович (RU),
Дрозденко Юрий Вадимович (RU),
Маметьев Евгений Александрович (RU),
Пономарев Константин Дмитриевич (RU)

Дата внесения записи в Государственный реестр: **19.01.2016**

Дата публикации: [10.02.2016](#)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾156638⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

E21B7/28 (2006.01)

E02F5/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 09.03.2016 - действует
Пошлина: учтена за 1 год с 06.05.2015 по 06.05.2016

(21), (22) Заявка: **2015117310/03, 06.05.2015**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.05.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.05.2015**(45) Опубликовано: [10.11.2015](#)

Адрес для переписки:

**650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, КузГТУ,
отдел управления интеллектуальными ресурсами**

(72) Автор(ы):

**Маметьев Леонид Евгеньевич (RU),
Любимов Олег Владиславович (RU),
Дрозденко Юрий Вадимович (RU),
Маметьев Евгений Александрович (RU),
Пономарев Константин Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева" (КузГТУ)
(RU)**

(54) РАСШИРИТЕЛЬ ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

(57) Реферат:

Заявляемое техническое решение относится к горному делу, а именно к оборудованию для бестраншейной прокладки трубопроводов. Техническим результатом заявляемой полезной модели является уменьшение осевого усилия протаскивания и весовой консольной нагрузки трубы-кожуха на расширитель обратного хода. Указанный технический результат достигается тем, что в расширителе для бурения горизонтальных скважин, включающем секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, барабан с режущими ножами, задней стенкой и крестовиной, с одной стороны связанной с секцией шнекового бурового става валом подшипниковой опоры на приемном лотке, а с другой стороны соединенной с трубой-кожухом посредством якорно-прицепного механизма в виде вращающейся оси с консольной подшипниковой опорой, взаимодействующей с трубой-кожухом посредством радиальных лучей, согласно заявляемому техническому решению, на торцевой поверхности трубы-кожуха прикреплен стенка-заглушка с радиальным пазом, в который входит вращающаяся ось консольной подшипниковой опоры якорно-прицепного механизма, образуя тем самым подвижно-кинематическое сопряжение в нормальном к лежащей стенке скважины направлении с возможностью передачи осевого усилия на трубу-кожух через стенку-заглушку, при этом один из радиальных лучей выполнен в виде вертикальной опорной лапы соосно с радиальным пазом на стенке-заглушке благодаря ограничителям, а остальные подпружинены для обеспечения постоянного контакта с внутренней поверхностью трубы-кожуха. 2 ил., 1 п.ф.

Заявляемое техническое решение относится к горному делу, а именно к оборудованию для бестраншейной прокладки трубопроводов.

Известен расширитель горизонтальных скважин (Авторское свидетельство СССР № 592975, опубл. 15.02.1978, бюл. № 6), включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри цилиндрического приемного лотка, наружный цилиндр с режущими ножами, заднюю стенку, подшипниковую опору на приемном лотке, связывающую секцию шнекового бурового става и заднюю стенку.

Недостатком известного расширителя является отсутствие прицепного устройства для прокладки трубы-кожуха совместно с разбуриванием скважины расширителем обратного хода.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому решению является расширитель горизонтальных скважин (Авторское свидетельство СССР № 848560, опубл. 23.07.1981, бюл. № 27), включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, барабан с режущими ножами, заднюю стенку с крестовиной, связанной с секцией шнекового бурового става через вал с подшипниковой опорой на приемном лотке. Крестовина расширителя соединена с трубой-кожухом посредством якорно-прицепного механизма в виде вращающейся оси, соединенной с валом подшипниковой опоры приемного лотка, с консольной подшипниковой опорой, взаимодействующей с трубой-кожухом посредством радиальных лучей.

Недостатком данного расширителя является высокое осевое усилие на валу подшипниковой опоры приемного лотка, вызванное консольным приложением к валу якорно-прицепного устройства веса протаскиваемой трубы-кожуха, врезанием торцевой поверхности трубы-кожуха в лежащую стенку скважины.

Техническим результатом заявляемой полезной модели является уменьшение осевого усилия протаскивания и весовой консольной нагрузки трубы-кожуха на расширитель обратного хода.

Указанный технический результат достигается тем, что в расширителе для бурения горизонтальных скважин, включающем секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, барабан с режущими ножами, задней стенкой и крестовиной, с одной стороны связанной с секцией шнекового бурового става валом подшипниковой опоры на приемном лотке, а с другой стороны соединенной с трубой-кожухом посредством якорно-прицепного механизма в виде вращающейся оси с консольной подшипниковой опорой, взаимодействующей с трубой-кожухом посредством радиальных лучей, согласно заявляемому техническому решению, на торцевой поверхности трубы-кожуха прикреплена стенка-заглушка с радиальным пазом, в который входит вращающаяся ось консольной подшипниковой опоры якорно-прицепного механизма, образуя тем самым подвижно-кинематическое сопряжение в нормальном к лежащей стенке скважины направлении с возможностью передачи осевого усилия на трубу-кожух через стенку-заглушку, при этом один из радиальных лучей выполнен в виде вертикальной опорной лапы соосно с радиальным пазом на стенке-заглушке благодаря ограничителям, а остальные подпружинены для обеспечения постоянного контакта с внутренней поверхностью трубы-кожуха.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлено сечение устройства по А-А, на фиг. 2 - сечение по Б-Б.

Расширитель для бурения горизонтальных скважин включает секцию шнекового бурового става 1, размещенную внутри приемного лотка 2, барабан 3 с режущими ножами 4, задней стенкой 5 и крестовиной 6, с одной стороны связанной с секцией шнекового бурового става 1 валом 7 подшипниковой опоры 8 на приемном лотке 2, а с другой стороны соединенной с трубой-кожухом 9 посредством якорно-прицепного механизма в виде вращающейся оси 10 с консольной подшипниковой опорой 11, взаимодействующей с трубой-кожухом 9 посредством радиальных лучей 12, 13 и 14. На торцевой поверхности трубы-кожуха 9 прикреплена стенка-заглушка 15 с радиальным пазом 16, в который входит вращающаяся ось 10 консольной подшипниковой опоры 11 якорно-прицепного механизма, образуя тем самым подвижно-кинематическое сопряжение в нормальном к лежащей стенке скважины направлении с возможностью передачи осевого усилия на трубу-кожух 9 через стенку-заглушку 15, при этом один из радиальных лучей 12 выполнен в виде вертикальной опорной лапы соосно с радиальным пазом 16 на стенке-заглушке 15 благодаря ограничителям 17, а остальные радиальные лучи 13 и 14 подпружинены для обеспечения постоянного контакта с внутренней поверхностью трубы-кожуха 9.

Заявляемое техническое решение работает следующим образом.

Приводимая в движение машинным агрегатом секция шнекового бурового става 1 вращается внутри приемного лотка 2, вращая одновременно через вал 7 подшипниковой опоры 8 на приемном лотке 2 и далее через крестовину 6 заднюю стенку 5 барабана 3 с режущими ножами 4, реализуя тем самым бурение горизонтальной скважины обратным ходом.

Наименьшее осевое усилие обеспечивается в случае, когда при наличии зазора Δ 1 приемный лоток 2 с присоединенной к нему колонной обсадных труб поступательно перемещается по лежащей стороне пионерной скважины с преодолением наименьших сил трения скольжения. Во избежание консольного приложения к

вращающейся оси 10 якорно-прицепного механизма веса протаскиваемой трубы-кожуха 9, а также дополнительного осевого усилия от врезания торцевой поверхности трубы-кожуха 9 в лежащую стенку разбуренной скважины, в предлагаемой полезной модели устранено жесткое соединение трубы-кожуха 9 с приемным лотком 2.

С этой целью опорная часть крестовины 6, надетая на вал 7 может служить втулочной муфтой для присоединения вращающейся оси 10 и передачи вращения консольной подшипниковой опоры 11 якорно-прицепного механизма. Вращающаяся ось 10 продевается сквозь радиальный паз 16 на торцевой поверхности стенки-заглушки 15 и заканчивается консольной подшипниковой опорой 11 якорно-прицепного механизма. Тем самым образуется подвижно-кинематическое сопряжение, устраняющее жесткое соединение обсадной трубы-кожуха 9 с приемным лотком 2. Оно должно быть ориентировано в нормальном к лежащей стенке скважины направлении вследствие действия гравитационных сил. Поэтому один из радиальных лучей 12 выполнен в виде вертикальной опорной лапы соосно с радиальным пазом 16 на стенке-заглушке 15 благодаря ограничителям 17. Остальные два радиальных луча 13 и 14 подпружинены, так как нужны для обеспечения постоянного контакта с внутренней поверхностью трубы-кожуха 9 при наличии подвижно-кинематического сопряжения.

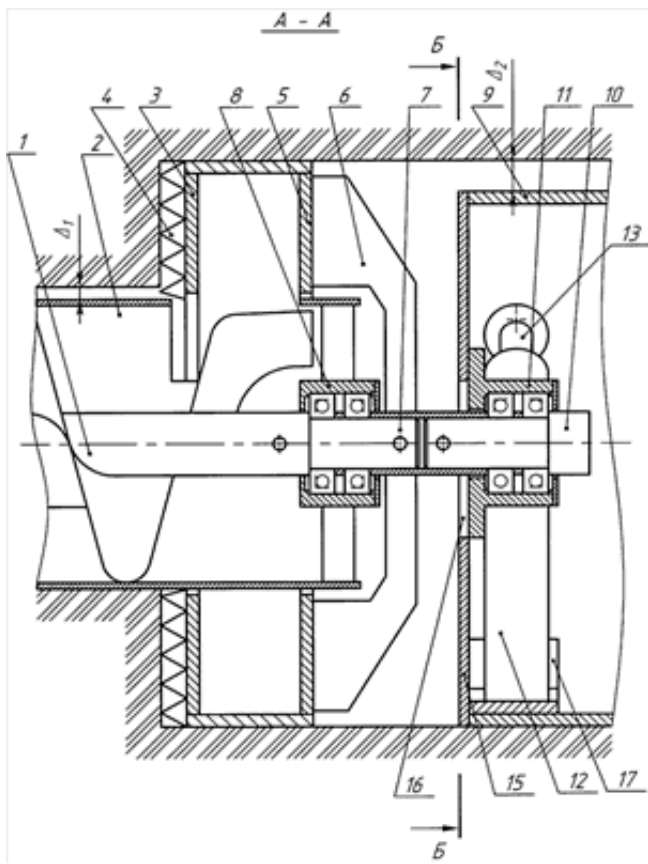
Осевое усилие, необходимое для протаскивания трубы-кожуха 9 передается с торцевой поверхности консольной подшипниковой опоры 11 якорно-прицепного механизма на торцевую поверхность стенки-заглушки 15. Тогда при наличии зазора Δ_2 труба-кожух 9 поступательно перемещается по лежащей стороне разбуренной скважины с преодолением наименьших сил трения скольжения. Кроме того, наличие стенки-заглушки 15 исключает врезание торцевой поверхности трубы-кожуха 9 в лежащую стенку разбуренной скважины.

По окончании протаскивания трубы-кожуха 9 через разбуренную скважину стенка-заглушка 15 и ограничители 17 удаляются.

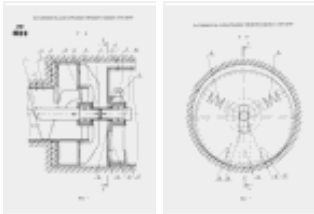
Таким образом, реализация в предлагаемом техническом решении подвижно-кинематического сопряжения, создаваемого наличием на торцевой поверхности трубы-кожуха стенки-заглушки с радиальным пазом, в который входит вращающаяся ось консольной подшипниковой опоры якорно-прицепного механизма, устраняющего жесткое соединение обсадной трубы-кожуха с приемным лотком, позволяет уменьшить осевое усилие на валу подшипниковой опоры приемного лотка, а также дополнительно устранить врезание торцевой поверхности трубы-кожуха в лежащую стенку скважины, чем достигается заявленный технический результат.

Формула полезной модели

Расширитель для бурения горизонтальных скважин, включающий секцию шнекового бурового става, размещенную внутри приемного лотка, барабан с режущими ножами, задней стенкой и крестовиной, с одной стороны связанной с секцией шнекового бурового става валом подшипниковой опоры на приемном лотке, а с другой стороны соединенной с трубой-кожухом посредством якорно-прицепного механизма в виде вращающейся оси с консольной подшипниковой опорой, взаимодействующей с трубой-кожухом посредством радиальных лучей, отличающийся тем, что на торцевой поверхности трубы-кожуха прикреплена стенка-заглушка с радиальным пазом, в который входит вращающаяся ось консольной подшипниковой опоры якорно-прицепного механизма, образуя тем самым подвижно-кинематическое сопряжение в нормальном к лежащей стенке скважины направлении с возможностью передачи осевого усилия на трубу-кожух через стенку-заглушку, при этом один из радиальных лучей выполнен в виде вертикальной опорной лапы соосно с радиальным пазом на стенке-заглушке благодаря ограничителям, а остальные подпружинены для обеспечения постоянного контакта с внутренней поверхностью трубы-кожуха.



РИСУНКИ





А К Т

промышленных испытаний бурошненового оборудования, разработанного в Кузбасском государственном техническом университете в соответствии с хозяйственной темой № 201-99. проведенных в г. Нижневартовске на объектах ТОО «БЛОК»

Комиссия в составе:

Беланюк К.К.	Зам. директора ТОО «БЛОК»;
Дикуль Ф.Н.	Зам. директора по производству ТОО «БЛОК»;
Радько В.П.	Начальник участка ТОО «БЛОК»;
Маметьев Л.Е.	Доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов КузГТУ;
Ананьев А.Н.	Кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и комплексов КузГТУ;
Любимов О.В.	Аспирант кафедры горных машин и комплексов КузГТУ;
Показаньев С.Г.	Соискатель кафедры горных машин и комплексов КузГТУ;
Жалнин Д.В.	Аспирант кафедры горных машин и комплексов КузГТУ,
Дрозденко Ю.В.	Студент КузГТУ
Мухутдинов Т.Н.	Студент КузГТУ

рассмотрев результаты промышленных испытаний бурошнекового оборудования, разработанного в КузГТУ, установила следующее:


1. Гидромуфта ГПВ-360 обеспечивает защиту привода вращения от поломок при встрече бурового инструмента с твердыми включениями.
2. Гидропривод механизма подачи обеспечивает как сборку колонны обсадных труб, так и сборку шнекового бурового става в отдельных режимах.
3. Мощности электродвигателя вращателя (18,5 кВт) вполне достаточно для проходки скважин длиной до 25-30 метров в мерзлоте.
4. Бурение скважины диаметром 540 мм велось из котлована стесненных габаритов (5,5 м x 2,5 м) в мерзлом песке с включениями камней и других предметов.
5. Опорные узлы бурошнекового инструмента снабжены подшипниками качения с самосмазывающим и самогерметизирующим антифрикционным наполнителем (АФЗ). Отличительной особенностью внедренной конструкции подшипника с АФЗ является наличие защитного каркаса в виде торцовых шайб, соединенных осевыми переключками. Защитный каркас препятствует выкрашиванию АФЗ из подшипника, увеличивая его долговечность.

6. Комиссия рекомендует заменить подшипники опор вращателя и гидромуфты со сменной цепной передачей на подшипники с АФЗ, что повысит удобство в обслуживании и эксплуатации.
7. Дальнейшее совершенствование оборудования следует вести в направлении повышения жесткости центрации инструмента с обсадной колонной при забурировании в слабонесущих грунтах с мерзлотой и повышения устойчивости забойной части инструмента в скважине.
8. Целесообразно повысить мощность двигателя вращателя до 30 кВт.
9. Необходимо разработать мероприятия направленные на уменьшение времени вспомогательных операций (монтаж, демонтаж оборудования, наращивание бурового става и др.)

Члены комиссии:

Беланюк	К.К.	
Дикуль	Ф.Н.	
Радько	В.П.	
Маметьев	Л.Е.	
Ананьев	А.Н.	
Любимов	О.В.	
Показаньев	С.Г.	_____
Жалнин	Д.В.	
Дрозденко	Ю.В.	
Мухутдинов	Т.Н.	



Утверждаю:
 Директор филиала КузГТУ
 в г. Прокопьевск

 С.Г.Костюк
 « _____ » _____ 2006 г.

АКТ

промышленных испытаний оборудования для бурения горизонтальных скважин бурошнековым способом, разработанного в Кузбасском государственном техническом университете на кафедре горных машин и комплексов, при прокладке крепи-кожуха под автодорогой по ул. Ноградская г. Прокопьевска

Комиссия в составе:

- Иванов Ю.Е. Заместитель директора филиала КузГТУ в г. Прокопьевск по хозяйственной работе
- Протасова Р.А. Заместитель директора ООО «Прокопьевское специализированное предприятие» по производственным вопросам
- Маметьев Л.Е. Доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
- Дрозденко Ю.В. Ассистент кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
- Ананьев К.А. Ассистент кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
- Любимов О.В. Старший преподаватель кафедры прикладной механики КузГТУ

рассмотрев результаты промышленных испытаний, установила следующее:

1. Бурение горизонтальной скважины диаметром 540 мм и длиной 17 м осуществлялось в период 23 - 25 декабря 2005 года при температуре окружающей среды $-28...-32^{\circ}\text{C}$ в стесненных условиях строительной площадки из котлована, подтапливаемого близко расположенными грунтовыми водами.

2. Бурение осуществлялось по дорожной насыпи, представляющей собой массив продуктов разбора шахтного террикона с габаритами отдельных каменистых включений 0,2...0,4 м.

3. Бурение осуществлялось прямым ходом с частотой вращения бурового инструмента 19 мин^{-1} и скоростью подачи бурового става на забой 1,2 м/мин.

4. Машинный агрегат, испытываемый в составе оборудования, представлял собой реализацию кинематической цепи из источника вращения (электродвигателя), цепной передачи и редуктора с приводом на буровой замок.

5. Штатный гидропривод механизма подачи бурового става на забой при эксплуатации в диапазоне реальных отрицательных температур ($-28...-32^{\circ}\text{C}$) показал низкую работоспособность.

6. Расширитель прямого хода представлял собой крестообразную конструкцию с двумя складывающимися лучами для извлечения бурового инструмента из скважины при аварийной ситуации и для бурения слепых скважин.

7. Подшипниковый узел траверсы бурового замка был снабжен подшипниками с самосмазывающим и самогерметизирующим антифрикционным наполнителем. Отличительной особенностью внедренной конструкции подшипника с АФЗ является наличие защитного каркаса в виде кольцевых торцовых пластин, соединенных образующими с ними единое целое осевыми перемычками. Данная конструкция препятствует выкрашиванию АФЗ из подшипника, увеличивая его долговечность.

Комиссия рекомендует:

1. Дальнейшее совершенствование оборудования следует вести в направлении снижения энергоемкости процесса бурения, в том числе за счет оптимизации кинематической цепи машинного агрегата и центрации бурового става с обсадной колонной, а также в направлении снижения трудоемкости и длительности операций по обслуживанию механизма подачи.

2. Оптимизация кинематической цепи машинного агрегата может заключаться в рациональном распределении передаточных отношений и введении в кинематическую цепь турбомуфты.

3. В случае использования при сборке бурового става опорно-центрирующих узлов применять в их конструкциях подшипники с АФЗ, что повысит их надежность за счет самосмазывания и самогерметизации.

4. Снижение трудоемкости и длительности операций по обслуживанию механизма подачи целесообразно осуществить заменой гидроузлов с ручным управлением на гидроэлементы с электромагнитным управлением, совершенствованием конструкции упорных башмаков шагающих гидроцилиндров на базе дистанционных пультов управления.

Иванов Ю.Е.

Протасова Р.А.

Маметьев Л.Е.

Дрозденко Ю.В.

Ананьев К.А.

Любимов О.В.

Утверждаю:



Директор ООО «Прокопьевское
специализированное предприятие»

П.Н.Кононенко
г. Прокопьевск

2006 г.

АКТ

промышленных испытаний способа и оборудования для бурения горизонтальных скважин бурошнековым способом, разработанных в Кузбасском государственном техническом университете в соответствии с хоздоговорной темой №202/2006, проведенных при прокладке скважины под автодорогой по ул. Вокзальная, 50, г. Прокопьевска

Комиссия в составе:

- | | |
|----------------|---|
| Протасова Р.А. | Заместитель директора ООО «Прокопьевское специализированное предприятие» по производственным вопросам |
| Маметьев Л.Е. | Доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов КузГТУ |
| Дрозденко Ю.В. | Старший преподаватель кафедры горных машин и комплексов КузГТУ |
| Ананьев К.А. | Ассистент кафедры горных машин и комплексов КузГТУ |
| Любимов О.В. | Старший преподаватель кафедры прикладной механики КузГТУ |

рассмотрев результаты промышленных испытаний бурошнекового оборудования, разработанного в КузГТУ, установила следующее:

1. Бурение горизонтальной скважины диаметром 540 мм и длиной 30 м осуществлялось в период 17-22 июня 2006 года в стесненных условиях городской застройки из угольного склада котельной при жилом доме.

2. Забуривание рабочего органа осуществлялось по кирпичной кладке, бурение - по глиняному массиву с естественной влажностью при наличии включений, свойственными городской застройке.

3. Бурение осуществлялось прямым ходом с частотой вращения бурового инструмента 19 мин⁻¹ и скоростью подачи бурового става на забой 0,4... 1,0 м/мин.

4. Машинный агрегат, испытываемый в составе оборудования, представлял собой реализацию кинематической цепи из источника вращения (электродвигателя), цепной передачи и редуктора с приводом на буровой замок.

5. Гидропривод механизма подачи бурового става на забой при эксплуатации в диапазоне температур +28...+30°C показал хорошую работоспособность.

6. Расширитель прямого хода представлял собой крестообразную конструкцию, оснащенную резцами, с двумя складывающимися лучами для извлечения рабочего органа из скважины при аварийных ситуациях и бурении слепых скважин.

7. Подшипниковый узел траверсы бурового замка был снабжен подшипниками с самосмазывающим и самогерметизирующим антифрикционным наполнителем (АФЗ), защищенного каркасом в виде кольцевых торцовых пластин, соединенных образующими с ними единое целое осевыми перемычками. Особенностью внедренной конструкции является то, что арматурные перемычки выполнены в виде двух деталей коробчатой формы, установленных с образованием замкнутого контура. Данная конструкция препятствует выкрашиванию АФЗ из подшипника, увеличивая его надежность.

Комиссия рекомендует:

1. Дальнейшее совершенствование оборудования следует вести в направлении снижения энергоемкости процесса, в том числе за счет центрации бурового става в обсадной колонне.

2. В случае использования при сборке бурового става опорно-центрирующих узлов применять в их конструкциях подшипники с АФЗ, что повысит их надежность за счет самосмазывания и самогерметизации.

3. Считать целесообразным оснащение рабочего органа резцами в случае бурения по грунтам с включениями пород и структурных камней средней крепости ($f=2,5...6,0$).

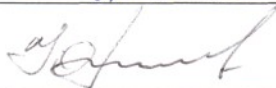
4. С целью повышения эффективности эксплуатации необходимо регистрировать и обрабатывать экспериментальную информацию о процессе бурения и техническом состоянии основного и вспомогательного оборудования.



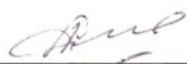
Протасова Р.А.



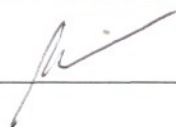
Маметьев Л.Е.



Дрозденко Ю.В.



Ананьев К.А.



Любимов О.В.

Утверждаю:

Директор ООО «Прокопьевское
специализированное предприятие»



П.Н.Кононенко
г. Прокопьевск

2006 г.

АКТ

промышленных испытаний способа и оборудования для бурения горизонтальных скважин бурошнековым способом, разработанных в Кузбасском государственном техническом университете в соответствии с хоздоговорной темой №208/2006, проведенных при прокладке магистрального водовода в 10-ом микрорайоне г.Прокопьевска

Комиссия в составе:

Протасова Р.А.	Заместитель директора ООО «Прокопьевское специализированное предприятие» по производственным вопросам
Маметьев Л.Е.	Доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
Дрозденко Ю.В.	Старший преподаватель кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
Ананьев К.А.	Ассистент кафедры горных машин и комплексов КузГТУ
Любимов О.В.	Старший преподаватель кафедры прикладной механики КузГТУ
Носков А.П.	Аспирант кафедры электропривода и автоматизации

рассмотрев результаты промышленных испытаний способа и оборудования для бурения горизонтальных скважин бурошнековым способом, разработанных в КузГТУ, установила следующее:

1. Бурение горизонтальной скважины диаметром 540 мм и длиной 17 м осуществлялось в период 26 - 29 октября 2006 года в полевых условиях.

2. Бурение осуществлялось по глиняному массиву с повышенной влажностью ($We = 23...26\%$).

3. Бурение осуществлялось прямым ходом с частотой вращения бурового инструмента 19 мин^{-1} и скоростью подачи бурового става на забой 1,2 м/мин.

4. Машинный агрегат, испытываемый в составе оборудования, представлял собой реализацию кинематической цепи из источника вращения (электродвигателя), цепной передачи и редуктора с приводом на буровой замок.

5. Гидропривод механизма подачи бурового става на забой при эксплуатации показал хорошую работоспособность.

6. Расширитель прямого хода представлял собой крестообразную конструкцию, оснащенную резцами, с двумя складывающимися лучами для

извлечения рабочего органа из скважины при аварийных ситуациях и бурении слепых скважин.

7. Подшипниковый узел траверсы бурового замка был снабжен подшипниками с самосмазывающим и самогерметизирующим антифрикционным наполнителем (АФЗ), защищенного каркасом в виде кольцевых торцовых пластин, соединенных образующими с ними единое целое осевыми перемычками. Особенностью внедренной конструкции является то, что арматурные перемычки выполнены в виде двух деталей коробчатой формы, установленных с образованием замкнутого контура. Данная конструкция препятствует выкрашиванию АФЗ из подшипника, увеличивая его надежность.



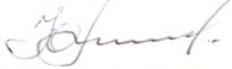
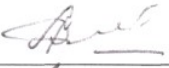


8. В рамках формирования мобильной измерительной станции были осуществлены измерения электрической мощности и крутящего момента привода вращения бурового станка с использованием измерительного комплекса National Instruments и программного обеспечения LabView.

Комиссия рекомендует:

1. Снижение трудоемкости и длительности основных и вспомогательных операций возможно за счет средств автоматизации, что в свою очередь требует формирования информационной модели процесса и используемого оборудования. С этой целью необходимо продолжить отработку методов измерений электрических и неэлектрических характеристик в полевых условиях.

2. Дальнейшее совершенствование оборудования следует вести в направлении рациональной компоновки датчиков и аппаратуры с целью сокращения продолжительности циклов экспериментального бурения.

3. В случае использования при сборке бурового става опорно-центрирующих узлов применять в их конструкциях подшипники с АФЗ, что повысит их надежность за счет самосмазывания и самогерметизации.

	Протасова Р.А.
	Маметьев Л.Е.
	Дрозденко Ю.В.
	Ананьев К.А.
	Любимов О.В.
	Носков А.П.