

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов».

Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД УДАРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СФЕРИЧЕСКИХ ТЕЛ.

УДК 622.23.02:378.693

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е21	Абдрахманов Диас Муратович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Горбенко М.В.	Кандидат технич.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмента	Н.А. Гаврикова	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Е.С. Невский	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Е.Н. Пашков	Кандидат технич. наук		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4E21	Абдрахманову Диасу Муратовичу

Тема работы:

Разработка стенда для экспериментального исследования разрушения горных пород ударным воздействием сферических тел.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 12 мая 2016 г./№3462/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

09.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Расчет и проектирование учебно-исследовательского стенда для изучения механизмов разрушения горных пород при воздействии сферическими инденторами.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Аналитический обзор литературных источников для определения оптимальной конструкции учебного стенда 2. Рассмотрение возможностей варьирования параметрами стенда. 3. Расчет и подбор двигателя, элементов конструкции. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Заключение по работе
Перечень графического материала	3D модель учебного стенда, презентация.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гаврикова Н.А
Социальная ответственность	Невский Е.С
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Горбенко М.В.	Кандидат технич. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E21	Абдрахманов Диас Муратович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.03.2016	Анализ литературных источников, описание цели и постановка задач исследования	
02.04.2016	Теоретическая часть работы	
25.04.2016	Выполнение расчетной части работы	
16.05.2016		
20.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
26.05.2016	Социальная ответственность	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент. ТПМ	Горбенко М.В.	Кандидат технич. наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н	Кандидат технич. наук		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-1; ОК- 9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий	Требования ФГОС (ОК-7; ОК- 11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность	Требования ФГОС (ОК-4; ПК- 9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах	Требования ФГОС (ОК-2; ОК- 3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14, согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	в отраслевых научных организациях	
--	-----------------------------------	--

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P7	Умение использовать методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК- 3; ПК-26) , Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия	Требования ФГОС (ПК-2; ПК- 4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства	Требования ФГОС (ПК-6; ПК- 12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с	Требования ФГОС (ПК-21; ПК- 22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	использованием средств автоматизированного проектирования.	
--	--	--

РЕЦЕНЗИЯ
на бакалаврскую выпускную квалификационную работу

Студент	<i>Абдрахманова Диаса Муратовича</i>
---------	--------------------------------------

Направление	<i>Направление: 15.03.02 Технологические машины и оборудование Профиль подготовки: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов.</i>
-------------	--

Кафедра	<i>Теоретической и прикладной механики</i>	Институт	<i>Природных ресурсов</i>
---------	--	----------	---------------------------

Тема работы
Разработка стенда для экспериментального исследования разрушения горных пород ударным воздействием сферических тел.

Представленная на рецензию работа содержит пояснительную записку на 73 листах. Работа выполнена в соответствии с заданием и в полном объеме.

Рецензируемая работа содержит 6 глав/разделов.

В первой главе описаны:
Актуальность разработок альтернативных способов бурения.

Во второй главе рассмотрены:
История развития шароструйного метода бурения.

В третьей главе представлено:
Описание механизмов разрушения горных пород, обзор шароструйных аппаратов.

В четвертой главе представлены:
Подбор и расчет необходимого оборудования.

В пятой главе представлены:
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В шестой главе описывается:
Социальная ответственность

Оценка работы рецензентом в целом
Проблема, рассмотренная в работе является актуальной в современной отрасли бурения, в своей работе студент показал достаточно неплохой уровень теоретической подготовки, а также умение использовать полученные им знания для решения практических задач.

Выполненная работа может быть признана законченной квалификационной работой, соответствующей всем требованиям, а ее автор,

Абдрахманов Диас Муратович

заслуживает оценки:

отлично

и присуждения степени/квалификации бакалавра/специалиста/магистра по:

направление

Направление: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Должность место работы рецензента

« ____ » _____ 20__ г.

Ф.И.О. рецензента

М.П. (организации-места работы рецензента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 страниц, 16 рисунков, 13 таблиц, 15 источников.

Ключевые слова: шароструйное бурение, учебно-исследовательский стенд, моделирование, размеры и параметры, стоимостный показатель.

Объектами исследования являются принципы и факторы влияющие на шароструйное бурение

Цель работы – провести анализ факторов, влияющих на шароструйное бурение и спроектировать учебно-исследовательский стенд.

В процессе исследования проводились расчеты и сравнения геометрических параметров, прочностные расчеты деталей стенда.

В результате исследования были получены аналитические данные, позволяющие определить оптимальные параметры учебно-исследовательского стенда. Спроектирована модель в 3D программе Autodesk Inventor.

Степень внедрения: проведено исследование.

Область применения: полученные в ходе исследования данные, позволяют проводить экспериментальные исследования при необходимых условиях.

В будущем планируется проведение экспериментально-исследовательской работы, позволяющей дать оценку механизму разрушения горных пород при шароструйном бурении.

ABSTRACT

Final qualifying work is 73 pages, 16 figures, 13 tables. 15 sources.

Keywords: Pellet impact drilling, research and training stand, modeling, dimensions and specifications, cost parameter.

The objects of study are the principles and factors affecting the pellet impact drilling.

The purpose of work - to analyze the factors affecting the drilling and pellet impact design teaching and research stand.

The study carried out calculations and comparison of geometric parameters, strength calculations of the stand parts.

The study analytical data were obtained for determining the optimum parameters of teaching and research stand. Designed model in 3D program Autodesk Inventor.

Degree of implementation: Development and testing of jet pump pellet impact drill bits .

Scope: The study obtained data allow to conduct experimental research with the necessary conditions.

In the future we plan to conduct experimental research, which allows to evaluate the mechanism of destruction of rocks during pellet impact drilling.

Оглавление

Введение	13
1. Актуальность	14
2. Исторические сведения.....	15
3. Сущность шароструйного способа бурения	19
3.1 Влияние формы рабочей поверхности инструмента на процесс разрушения горных пород при статическом вдавливании	24
3.2 Механизм разрушения горных пород при шароструйном бурении	29
3.3 Обзор аппаратов для шароструйного бурения.....	32
4. Расчет и анализ.....	38
4.1 Определение размеров учебно-исследовательского стенда	39
4.2 Электродвигатель	43
4.3 Система изменения длины плеча удара.....	46
4.4 Расчет прочности каната	47
4.5 Разработка системы крепления образца породы.	48
4.6 Подбор плеча ударного механизма	50
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
6. Социальная ответственность	64
Заключение.....	79
Список литературы	80

Введение

В связи с тем, что в мире наблюдается тенденция к увеличению буровых работ в водозаборных, геотермальных, сейсмических и др. скважинах в твердых и крепких горных породах, возникает необходимость в повышении эффективности бурения. Так как бурение в таких условиях характеризуется низкой механической скоростью бурения и проходкой на долото. Добиться эффективности бурения можно за счет разработки новых конструктивных решений для породоразрушающего инструмента (ПРИ). Отметим, что при проведении геологоразведочных работ, по условиям методики разведки необходимо бурить достаточно большие объемы скважин диаметром породоразрушающего элемента 130-150 мм и более. Применяющиеся алмазные породоразрушающие инструменты выпускаются серийно до диаметра 76 мм – 93 мм. ПРИ большего диаметра выпускаются штучно и имеют высокую стоимость. Поэтому возникает актуальность в разработке альтернативных способов разрушения крепких горных пород. По мнению ряда специалистов одним из наиболее перспективных является гидродинамический способ разрушения горных пород, осуществляемый за счет энергии высокоскоростной струи жидкости. При данном способе можно передавать на забой скважины значительные мощности, при этом проходка на долото и скорость бурения имеют возможность возрасти в кратное число раз. Так же этот способ вписывается в существующую технологию бурения механическими способами, при которой на забой подается промывочная жидкость для очистки скважины от шлама. Однако в неизменном виде гидродинамический способ бурения остается малоперспективным в крепких горных породах.

Шароструйный способ бурения скважин, заключающийся в разрушении горных пород ударами высокоскоростных шаров, непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины, позволит решить ряд

технических и технологических проблем, возникающих при реализации гидродинамического способа разрушения горных пород.

1. Актуальность

На сегодняшний день разведанные и эксплуатируемые скважины истощаются, добыча нефти из них снижается, начинают разрабатывать новые скважины, что требует бурение в различных породах, как мягких так и в горных породах, в зависимости от глубины залегания, региона и т.д. При этом все существующие способы бурения не позволяют полностью извлекать запасы нефти из скважины.

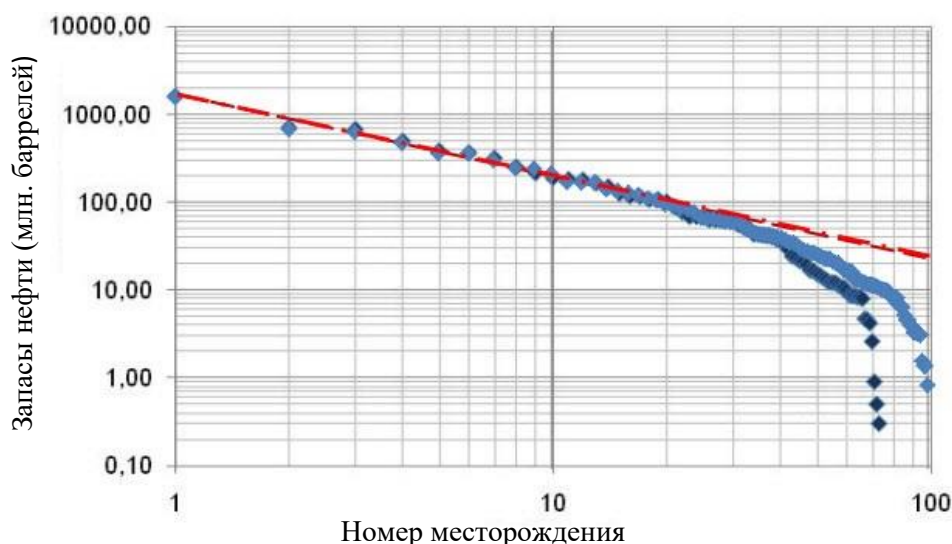


Рисунок 1. Ранжирование запасов нефти по скважинам

Как видно из графика (рис.1), предложенного профессором РГУ им. И. М. Губкина А.Б. Золотухиным, на кривой расположены известные открытые месторождения нефти, проранжированные по их запасам. Каждому месторождению был присвоен порядковый номер, т.е. месторождение с наибольшими запасами обозначено номером 1. Второе же по запасам – под номером 2 и т.д. По мере открытия новых месторождений нефти они ранжируются и наносятся на график. Нужно обратить внимание, как ложатся точки в ровную линию. Загибается только «хвост» графика, но это потому, что существование множества неоткрытых мелких месторождений, которые

не попали на график. Но как только они будут открыты, «хвост» данного графика выправится (доказательством этой теории служит то, как ложатся данные по состоянию на 2009 г. – темно синие точки, и на 2014 – голубые).

Проанализировав график, можно сделать вывод – большинство крупных месторождений уже открыты, при этом остается вопрос о рентабельности их разработки. Неоткрытыми месторождениями на данный момент остаются относительно мелкие, либо несколько по-настоящему крупных месторождений. Однако их, крупных, скорее всего, осталось несколько штук и расположены они в труднодоступных местах (иначе бы они давно были открыты). Поэтому, вероятнее всего, находятся они в Арктике. Доступ к которой, у России самый выигрышный.

Таким образом, те места, где углеводороды есть и их много, находятся далеко и/или добывать из них очень и очень дорого. Как только добыча из текущих месторождений упадет, наш мир, находящийся на нефтяной и газовой игле, потребует их добыть. Причем, потребует одним, самым простым способом – поднимая цены.

Разрабатываются новые методы бурения, буровые снаряды, одним из методов является шароструйное бурение. Ряд экспериментальных работ показал перспективность этого метода [1], в некоторых же работах метод оценивается как малоэффективный [5]. Это связано с тем, что теоретические вопросы шароструйного бурения недостаточно разработаны, недостаточно проработаны и конструкции буровых аппаратов, работающие по этому принципу, в то время как гидроударно-шарошечное бурение имеет большое количество вариаций и большой опыт применения.

2. Исторические сведения

Способ разрушения горных пород ударами шаров, приводимых в движение струйным аппаратом, был предложен сравнительно недавно (в

1955 году) исследовательской группой американской нефтяной фирмы «Картер Ойл К». Эта группа в составе 25 человек в течение нескольких лет провела обширные исследования, в задачу которых входили создание и разработка способа бурения нефтяных скважин, в корне отличающегося от существующих роторного и турбинного, которые в США объединены под названием «вращательного» бурения.

Убедившись в том, что горные породы можно разрушать ударами быстродвижущихся шаров, исследователи решили проблему создания устройства, позволяющего осуществлять рециркуляцию и разгон шаров. Устройством, наиболее полно отвечающим предъявляемым к нему специфическим требованиям, оказался водоструйный насос.

Результаты этих исследований наиболее полно освещены в работе И.Е. Эскеля, Ф.Г. Дэйли, Л.У. Леджервуда. Несмотря на значительный объем проведенных научно-исследовательских работ, были сделаны не совсем объективные выводы из-за односторонней направленности программы исследований. Очень много усилий было направлено на выяснение физической сущности работы шароструйных аппаратов, тогда как вопросам разрушения горных пород уделялось неоправданно мало внимания, что и обусловило ошибочность некоторых выводов.

В результате проведенных лабораторных работ исследований было установлено, что наибольшая механическая скорость проходки может быть достигнута при прочих равных условиях в случае использования шаров максимально возможного диаметра, не заклинивающихся в камере смещения. Кроме того, наилучшим считается максимально возможный расход рабочей жидкости, при котором не происходит вынос шаров из скважины.

При бурении известняка была достигнута скорость бурения около 6,8 м/ч. Производительность насоса равнялась 254 л/мин, перепад давления в сопле 44 кг/см². При этом применение глинистого раствора обусловило

падение скорости бурения на 25%, а применение воздуха на 75% по сравнению с использованием воды.

На основе проведенных лабораторных исследований были сконструированы и изготовлены два «9'' шариковых бура» для бурения скважин в блоках различных горных пород. Буры имели сменные камеры смешения диаметром 89 и 102 мм и набор сопел диаметром от 15,9 до 23,8 мм. Прочность аппаратов была близка к прочности бурильных труб диаметром 114 мм.

Наиболее слабыми предполагались калибровочные лапы, но испытания при совместном воздействии осевой нагрузки 12 200 кг и крутящего момента, равного 693 кг-м, показали их удовлетворительную прочность. Аппараты были изготовлены из стали SAE4340 и закалены до твердости HRC36-40. Сопла изготавливали из вольфрамо-кобальтового твердого сплава. Шары были изготовлены на специальном прессе из стали SAE52100 и закалены до твердости HRC50-53.

При испытании указанных аппаратов было пробурено 16,2 м скважин по мрамору, известняку и розовому кварциту. Условия проведения испытаний были следующие (табл.1).

При бурении оклахомского мрамора (мягкая порода) средний диаметр скважины равнялся 270 мм, а средняя скорость проходки составила 2,29 м/ч. По вирджинскому известняку (порода средней крепости) была получена средняя механическая скорость 1,22 м/ч при диаметре скважины 251 мм. Средняя механическая скорость бурения розового кварцита (твердого порода) составила 0,15 м/ч, а диаметр скважины 246 мм.

При бурении кварцита наблюдается интенсивный износ калибровочных лап. За 3,5 ч бурения упрочненная поверхность в некоторых местах изнашивалась полностью. Износ поверхностей камеры смешения и других деталей аппарата был незначителен.

Таблица 1. Данные скважины

Диаметр скважин, мм	232
Крутящий момент, кг-м	46,4
Осевая нагрузка, кг	736
Скорость вращения, об/мин	20
Диаметр сопла, мм	22,1
Диаметр камеры смещения, мм	89
Промывочная жидкость	вода
Расход воды, л/мин	1970
Коэффициент инжекции	3,6
Давление на стояке, кг/см ²	50,5-53,3
Перепад давления в сопле, кг/см ²	39-41,8
Диаметров шаров, мм	31,8
Вес пропорции шаров, кг	63,4-86,2
Скорость жидкости на выходе из камеры смещения, м/сек	24,1
Скорость восходящей струи в зазоре между аппаратом и скважиной, м/сек	5,5
Скорость восходящей струи возле сопла, м/сек	1,13
Скорость восходящей струи возле бурильных труб, м/сек	0,95
Расход шаров в камере смещения, шт/сек	140
Скорость вылета шаров из камеры смещения, м/сек	22,8

Несмотря на тщательность проведения многих экспериментов, в результате которых удалось определить расход шаров, скорость их вылета из аппарата, скорость движения жидкости в аппарате и за его пределами, американские исследователи допустили явную ошибку, пытаясь бурить различные по крепости горные породы при одной и той же скорости вылета шаров из аппарата, равной 22,8 м/сек.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных работ было сделано заключение о возможности «производить разрушение горных пород с заметной скоростью, что показывает реальность принципов бурения ударами шаров. Дальнейшие работы могут быть сделаны для полного определения их перспективности в условиях производства».

Спустя пять лет (в 1961 году) один из участников этих исследователей Л.У. Леджервуд отмечал [3]: «Импульсное шариковое бурение не имеет практического применения. На достигнутом уровне с его помощью можно разрушать породы, но с экономической точки зрения этот процесс

значительно менее выгоден, чем обычное вращательное бурение». При этом перспективность шароструйного бурения автором рассматривается лишь в аспекте бурения нефтяных и газовых скважин.

В отечественной литературе некоторые исследователи Сулакшин С.С., Воздвиженский Б.И., Волков С.А. при оценке этого способа бурения исходили, по видимому, из приведенного выше утверждения Л.У. Леджервуда. Так называемый ударно-дробовой способ бурения при этом рассматривался как малоперспективный.

В СССР, начиная с 1963 года, этот метод разрабатывался Уваковым А.Б. с сотрудниками. В настоящее время он применен для искусственного искривления геологоразведочных скважин [1]. При этом шароструйный аппарат не вращают, что в значительной степени упрощает процесс искривления и гарантирует надежность управления отклонением скважин в нужную сторону.

Если американские исследователи предполагали применить способ разрушения горных пород ударами шаров для бурения пород, слагающих разрезы нефтяных месторождений и ниже средней крепости, то автор с сотрудниками пошли по пути использования его для бурения пород выше средней крепости и крепких. Как будет показано, это направление оказывается вполне обоснованным и перспективным.

3. Сущность шароструйного способа бурения

При шароструйном бурении для разрушения горных пород используется энергия большого количества стальных или твердосплавных шаров, многократно соударяющихся с забоем с большой скоростью. Шары приводятся в движение специальным жидкостным или воздушным инжекторным аппаратом.

Хотя различные струйные аппараты находят широкое применение в современной технике, вопросу применения их для разрушения горных пород, тем более использования их для исправления или искривления геологоразведочных скважин, не было уделено должного внимания. Этим и объясняется отсутствие в настоящее время литературы и разработанной методики их расчета.

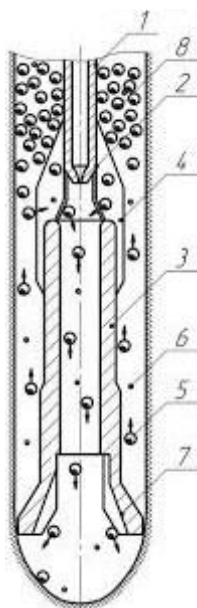


Рисунок 2.
Шароструйный
аппарат

Принципиальная схема шароструйного аппарата показана на (рис.2).

Основными элементами аппарата являются: рабочее сопло 2, камера разрежения 4, камера смешения 3, диффузор 7. Нижняя часть аппарата, включая камеру смешения и диффузор, с помощью трех удерживающих ребер соединена через патрубок 1 с колонной буровых труб. В нижней части патрубка установлено рабочее сопло. Пространство между удерживающими ребрами и входным сечением камеры смешения представляет собой камеру разрежения.

При прокачивании через буровые трубы промывочная жидкость, выходя из сопла с большой скоростью, создает разрежение, вследствие чего происходит дополнительное всасывание (инжекция) промывочной жидкости из затрубного пространства в камеру смешения. Жидкость, прокачиваемая через сопло, называется рабочей жидкостью, подсасываемая – инжектируемой. Оба потока этих жидкостей смешиваются в камере смешения. Потоки рабочей и инжектируемой жидкости поступают в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей, сопровождающееся повышением давления. Из камеры смешения поток поступает в диффузор, где происходит дальнейший рост давления. Давление смешанного потока на выходе из диффузора выше давления инжектируемого потока, поступающего в приемную камеру. Повышение давления инжектируемого потока без непосредственной затраты механической

энергии является основным качеством струйных аппаратов во многих отраслях техники позволяет получать более простые и надежные технические решения по сравнению с применением механических нагнетателей.

Для бурения с помощью такого аппарата на забой скважины засыпается определенная порция стальных (из отработанных шарикоподшипников) или твердосплавных шаров. Затем по бурильным трубам подается расчетное количество промывочной жидкости.

Шары вместе с потоком инжектируемой жидкости попадают в камеру смешения аппарата, где они разгоняются до определенной скорости. Выходя из диффузора с большой скоростью, шары ударяются о забой, производя разрушение, и снова поднимаются вверх, увлекаемые восходящим потоком жидкости.

При соударении шаров, движущихся со скоростью порядка нескольких десятков метров в секунду, с горной породой последняя интенсивно разрушается. Продукты разрушения частично рециркулируют с инжектируемой жидкостью, измельчаясь при этом, вследствие чего шлам, образующийся при шароструйном бурении, легко выносится из скважины восходящим потоком промывочной жидкости.

Забой скважины при шароструйном методе бурения получает криволинейную форму. Это объясняется тем, что поток, выносящий шары, расширяется, получает коническую форму, и шары соударяются с породой под различными углами. Угол раскрытия диффузора обуславливает коническую форму потока.

Способ - шароструйное бурение – пока мало изучен. В нем сочетаются сложные физико-технические задачи (работа струйных насосов, процесс разрушения пород ударами быстродвижущихся шаров, механизм транспортировки и разгона шаров жидкостью), которые являются проблемами, требующими больших усилий для своего разрешения.

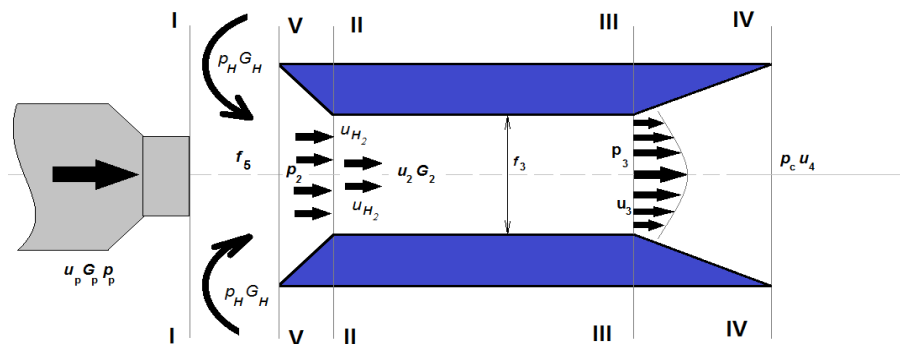


Рисунок 3. Гидродинамическая схема работы шароструйного аппарата.

Процессы, происходящие в шароструйном аппарате могут быть описаны следующими законами [1]:

1) Законом сохранения массы:

$$G_c = G_p + G_H;$$

где G_c, G_p, G_H - весовые расходы рабочего, инжектируемого и смешанного потоков, в кг/сек

2) Законом импульсов, который для расчета шароструйных аппаратов может быть представлен в следующем виде:

$$\frac{1}{g} [G_p u_{p_2} + G_H u_{H_2} - (G_p + G_H) u_3] = p_3 f_3 - (p_{p_2} f_{p_2} + p_{H_2} f_{H_2}),$$

где u_{p_2}, u_{H_2}, u_3 - скорости рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении цилиндрической камеры смешения и смешанного потока в выходном сечении этой камеры в м/сек;

p_{p_2}, p_{H_2}, p_3 - статические давления рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении цилиндрической камеры смешения и смешанного потока в выходном сечении этой камеры в кг/м²;

f_{p_2}, f_{H_2}, f_3 - сечения рабочего и инжектируемого потоков при входе в камеру смешения и смешанного потока на выходе в м².

Рабочая жидкость с давлением p_p , выходящая из сопла со скоростью u_{p1} , подсасывает из камеры разрежения жидкость, которая подводится в камеру разрежения с давлением p_n (рис.3).

По мере удаления от сопла весовой расход движущегося потока непрерывно увеличивается за счет инжестируемой среды, а поперечное сечение движущегося потока непрерывно растет. На некотором расстоянии от выходного сечения сопла поток, движущийся по направлению к камере смешения, заполняет все сечение f_4 приемной камеры.

Весовой расход движущегося потока достигает в этом сечении величины $G_p + G_n$.

Профиль скоростей в этом сечении имеет большую неравномерность по радиусу. На границе струи скорость мала. На оси струи скорость потока близка к скорости истечения рабочего потока из сопла u_{p1} . Сечение f_4 является конечным сечением приемной камеры и начальным сечением камеры смешения. Во входном сечении II-II цилиндрического участка камеры смешения давление потока равно p_2 .

По мере удаления от сопла давления рабочего и инжестируемого потоков выравниваются и на некотором расстоянии от сопла делаются одинаковыми.

Во входном сечении камеры смешения профиль скоростей весьма неравномерен. Можно условно представить себе поток во входном сечении состоящим из двух соосных потоков: центрального с весовым расходом G_p и большой средней скоростью u_{p2} и периферийного с весовым расходом G_n и значительно меньшей скоростью u_{n2} .

В выходном сечении камеры смешения поток имеет достаточно ровный профиль скоростей.

Основная потеря в струйных аппаратах – потеря на удар, связанная со смешением двух соосных потоков с разными начальными скоростями.

Эти зависимости помогают разобраться в физической сущности процесса разрушения и оценить факторы (рис. 4), определяющие эффективность шароструйного метода бурения.



Рисунок 4. Факторы, влияющие на эффективность бурения.

Представленная работа направлена на разработку учебно-исследовательского стенда, позволяющего рассмотреть такие факторы как угол встречи шара с породой (на периферии потока – периферия призабойной зоны, по центру потока-центральная область), скорость встречи шаров с породой, частота ударов.

3.1 Влияние формы рабочей поверхности инструмента на процесс разрушения горных пород при статическом вдавливании

Наиболее характерным видом деформации для многих механических способов разрушения горных пород является вдавливание. В зависимости от скорости приложения нагрузки вдавливание может быть статическим и динамическим. В первом случае время нагружения велико и нагрузка от него не зависит. Во втором случае процесс нагружения характеризуется весьма

малой длительностью и быстрым возрастанием нагрузки до очень большого значения, непосредственно за которым следует ее уменьшение.

Процесс статического вдавливания гораздо проще моделируется в лабораторных условиях, чем процесс динамического вдавливания, вследствие чего закономерности первого изучены довольно основательно. Механизм разрушения при статическом и динамическом вдавливании имеет много общего и различается в деталях.

Исследования В.В. Булатова [5] по разрушению пород вдавливанием при высоком всестороннем давлении показали, что число зон разрушения в виде лунок с ростом давления уменьшается наряду с увеличением числа зон в виде точечных поражений, причем зона разрушения породы уменьшается до размеров площади основания штампа не постепенно, а скачком. Эти явления приурочены к условиям значительных давлений (500 кг/см^2). Следовательно, в нашем случае исследования забойных процессов при бурении крепких и очень крепких горных пород на глубинах до 1000 м справедлива закономерность, обуславливающая превышение размеров зон разрушения над размерами контактного контура.

В работах [12] Куликова И.В., Павлова Н.Н., Шрейнера Л.А. были рассмотрены случаи вдавливания в горные породы инструментов с поверхностью различной формы (клиновидной, сферической, в виде плоского штампа).

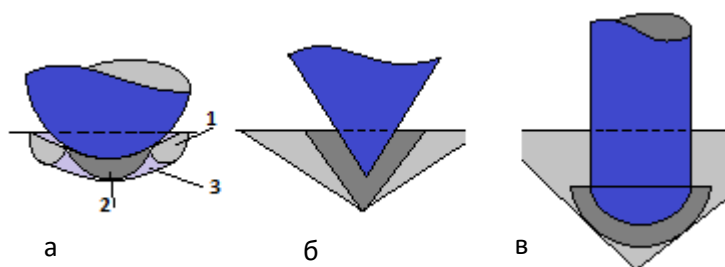


Рисунок 5. Механизмы деформирования и разрушения горных пород при вдавливании в них различных инденторов. а - шаровидное тело; б – симметричный клин; в – плоский круговой штамп

При этом было установлено, что во время вдавливания наконечников с первоначальным контактом в точке (сфера, конус) или по линии (клин)

начальная контактная поверхность формируется в основном вследствие пластической деформации. В дальнейшем при вдавливании сферы происходит упругое деформирование горной породы до момента выкалывания кольцевого объема 1 несколько за пределами контура (рис.5, а). С дальнейшим увеличением нагрузки так называемое уплотненное ядро 2, находящееся в условиях сильного всестороннего сжатия, способствует скалыванию объема породы 3 в сторону обнаженных поверхностей. Образуется воронка разрушения.

При вдавливании симметричного клина (рис. 5, б) пластическая деформация распространяется и на прилегающие к щекам лезвия слои породы.

При вдавливании плоского штампа, наоборот, прилегающая к контактной поверхности часть породы, ограниченная в объеме полусферой, не подвергается заметной пластической деформации вплоть до момента хрупкого разрушения (рис. 5, в). Пластическая деформация при этом распространяется вглубь, что приводит к увеличению глубины и объема воронки разрушения. Наибольшей эффективностью при вдавливании в пластично-хрупкие горные породы обладает плоский штамп, а в малопластичные и хрупкие – сфера (табл. 2).

Таблица 2. Показатели площадей зон разрушения

Показатели	Горная порода			
	Известняк окремненный	Доломит	Мрамор	Известняк
Коэффициент пластичности	1	2	2,3	2,6
Отношения площадей зон разрушения и контактов в случае вдавливания				
Штампа	6,2	7,5	17,3	22,9
Сферы	8,2	9,3	8,1	11,2
Клина	6	6,1	5,9	2,5

Из приведенных данных в таблице, можно сделать вывод что по объемной работе разрушения наиболее эффективным является плоский штамп, в случае вдавливания в хрупкие горные породы по эффективности к нему приближается сфера.

Пояснение авторов [12] Павлова Н.Н., Шрейнера Л.А. о полученных результатах: «Диаметр или ширина зоны разрушения при вдавливании в хрупкие и пластично-хрупкие горные породы определяются диаметром или шириной вдавливаемого тела. При вдавливании тел одинаковой формы, но различных размеров в одну и ту же горную породу отношение диаметра или ширины зоны разрушения к диаметру или ширине площади контакта вдавливаемого тела является величиной постоянной. В соответствии с этим отношение площадей зон разрушения и зон контакта также должно являться постоянной величиной. Глубины зон разрушения возрастают прямо пропорционально увеличению диаметра или ширины контура контактной поверхности, поэтому и отношение объемов также будет постоянным. Исходя из этого, следует ожидать, что максимальный эффект разрушения будет достигаться при вдавливании осесимметричных тел, так как отношение площади зоны разрушения к площади контакта при вдавливании осесимметричных тел будет больше, чем при вдавливании тел другой формы».

Например, если принять отношение размера зоны контакта к соответствующему размеру зоны разрушения равным $1/2$ и обозначить площадь зоны разрушения через S_p , а площадь зоны контакта через S_k , то: а) для сферы $\frac{S_p}{S_k} = 4$; б) для прямоугольника с отношением длин сторон 2:1 отношение $\frac{S_p}{S_k} = 3$; в) для прямоугольника с отношением длин сторон 4:1 соответственно $\frac{S_p}{S_k} = 2,5$; Из этого следует, что объемная работа разрушения при вдавливании сферы будет меньше, чем при вдавливании указанных тел прямоугольного сечения, т.е. эффективность вдавливания осесимметричного тела выше, чем осесимметричного. Л.А. Шрейнером с сотрудниками введен термин «твердость горной породы по штампу $P_{ш}$ », которая определяется из зависимости

$$P_{ш} = \frac{P}{\pi \cdot a_{ш}^2};$$

Где P -нагрузка в момент разрушения в кг; $a_{ш}$ -радиус штампа в мм.

В работах Павлова Н.Н., Шрейнер Л.А., Портнова А.Т. установлено, что для вдавливания сфер диаметром более 3,18 мм деформации, предшествующие разрушения, и диаметры зон разрушения возрастают пропорционально диаметрам вдавливаемых сфер; работы деформаций увеличиваются пропорционально кубу диаметров, а контактные давления и объемные работы разрушения остаются постоянными.

При вдавливании сфер диаметром менее 3,18 мм начинает сказываться влияние масштабного фактора на величины контактного давления в момент разрушения и объемной работы разрушения, приводящее к увеличению последних. В (табл. 3) равняются показатели $P_{ш}$ и аналогичные им, соответствующие случаю вдавливания сферического инструмента.

Таблица 3. Показатели вдавливания инструментов

Горная порода	Твердость по штампу $R_{ш}$, кг/мм	Контактное давление при вдавливании сферы, кг/мм
Доломит мячковского горизонта	273	224
Известняк тульского горизонт	132	96

Как видно из (табл. 3), при вдавливании сферических инструментов величина контактного давления несколько меньше, чем при вдавливании плоского штампа.

В.С. Владиславлев [14] отмечает, что перед исследователями стояла задача «определить конфигурацию твердого тела, которое при вдавливании имело бы наименьшую площадь контакта с породой и выдержало бы наибольшие нагрузки. Таким телом является полусфера. Последнее утверждение, однако, справедливо для очень крепких пород, в которых вдавливание других тел оказывается невозможным по тем же прочностным условиям. В других случаях полусфера уступает клиновидному зубу».

Л.А. Шрейнер относительно вдавливания сферического тела считает, что «во вдавливаемом шарике или линзе в области круга давления радиус кривизны увеличивается, а поверхность уменьшается (сжимается), что ведет к более равномерному всестороннему сжатию и однородности напряженного состояния как на поверхности, так и в объеме, т.е. условия напряженного состояния в шарике более благоприятны, чем во вдавливаемой плоскости». Указанным характером распределения напряжений объясняется способность шаровидных тел выдерживать огромные нагрузки без разрушения.

На основании изложенного выше по вопросу влияния формы рабочей поверхности инструмента на процесс разрушения горных пород при вдавливании можно сделать следующие выводы:

- 1) Сферическая форма инструмента, как осесимметричная, является одной из наивыгоднейших для разрушения хрупких горных пород;
- 2) Контактное давление в момент образования воронки разрушения при вдавливании сферы даже несколько меньше, чем при вдавливании плоского штампа.

3.1 Механизм разрушения горных пород при шароструйном бурении

На основе работ Л.А. Шрейнера и А.Н. Динника, Уваковым А.Б. [1] была разработана схема последовательности этапов нагружения и разрушения пород при ударе шара по забою скважины. Эта схема крайне важна для вывода основных аналитических зависимостей, описывающих рассматриваемые забойные процессы.

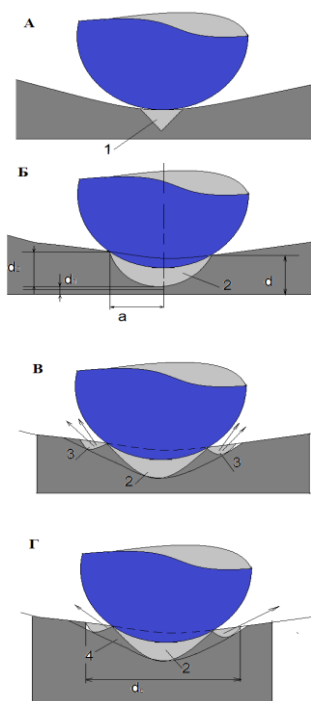


Рисунок 6. Механизм образования элементарной воронки разрушения при соударении шара с забоем.

При взаимодействии шара с забоем происходит формирование начальной контактной поверхности в основном за счет пластических деформаций (область 1, на рис. 6). Этот этап непродолжителен, после чего начинается упругое деформирование шара и горной породы. Величины упругих деформаций шара a_1 и горной породы a_2 в сумме составляют величину сближения соударяющихся тел α . Учитывая, что скорости шаров в момент соударения могут достигать 40-70 м/сек и что при таких скоростях приложения нагрузки горные породы теряют пластические свойства, можно предположить, что они до самого момента хрупкого разрушения будут деформироваться упруго.

Перед самым моментом хрупкого разрушения радиус контактной площадки максимален и равен α . Непосредственно под контактной поверхностью порода находится в условиях сильного всестороннего сжатия и представляет собой как бы нарост на вдавливаемой части шара, раздвигающий прилегающие к нему объемы породы в стороны обнаженных поверхностей. Это «уплотненное ядро» 2.

Горная порода разрушается при достижении растягивающих напряжений своих предельных значений в окрестностях контактного контура. Проявляется это путем выкалывания кольцевых объемов 3 по концентрическим трещинам за пределами контура давления. Общей закономерностью разрушения хрупких тел при вдавливании сферических инденторов является то, что нормальные напряжения разрыва на поверхности тел достигают своих максимальных значений раньше, чем касательные напряжения внутри тела.

Вследствие расклинивающего воздействия «уплотненного ядра» на окружающую породу при наличии обнаженных поверхностей происходит заключительный акт процесса образования воронки разрушения —

скалывание породы в кольцевой зоне 4. Почти одновременно с этим материал «уплотненного ядра» дробится в тонкий порошок. Образуется воронка разрушения диаметром d_v и глубиной h_v .

Если к моменту хрупкого разрушения кинетическая энергия, запасенная шаром, исчерпана полностью, т.е. перешла в потенциальную энергию упругой деформации шара и горной породы, то в результате скачкообразного нарушения сплошности породы под контактной поверхностью шар внезапно «теряет опору» и потенциальная энергия его упругой деформации затрачивается на звук и теплообразование.

Если же энергия удара не исчерпана, произойдет следующий цикл нагружения горной породы. При этом контактная площадка значительно увеличивается и потребуется намного больше энергии для второго скачка в разрушении.

В случае, когда энергия удара оказывается недостаточной для образования лунки, большая часть потенциальной энергии упругой деформации шара и горной породы восстанавливается в виде кинетической энергии отскока шара.

Из рассмотрения механизма соударения шара с забоем следует, что существует оптимальное значение энергии удара, обеспечивающее минимальную энергоемкость процесса разрушения. По аналогии со статическим вдавливанием момент образования воронки разрушения будет характеризоваться зависимостью.

$$P_c = \frac{P}{\pi \cdot \alpha^2},$$

Где P_c - динамическая твердость породы при вдавливании сферы в кг/мм²;

P – контактная сила в кг; α – радиус круга давления в мм.

Бароном Л.И., Веселовым Г.М., Коняшиным Ю.Г. [12] установлено, что при статическом вдавливании штампа и сферы значения твердости приблизительно одинаковы. Прослежены также идентичные закономерности

роста значений твердости по штампу и по сфере с увеличением скорости нагружения. Поэтому при практических расчетах процессов разрушения пород при вдавливании шаров можно пользоваться измеренными Л.А. Шрейнером с сотрудниками величинами статической и динамической твердости пород по штампу.

Если напряжение под контактной поверхностью будет меньше динамический твердости породы, то необходимо повторное нанесение определенного количества ударов по одному и тому же месту забоя для достижения эффекта разрушения. Разрушение в таком режиме называется усталостным. Разрушение может быть поверхностным, когда реальные контактные напряжения намного меньше динамический твердости горной породы и происходит ее истирание, и объемным, когда указанные напряжения близки по значению к твердости, но все же меньше ее.

Режим разрушения, при котором энергия удара шаров по забою достаточная для обеспечения первого скачка и удельная энергоемкость разрушения минимальна, назовем оптимальным.

3.2 Обзор аппаратов для шароструйного бурения

В диссертации казахского ученого Заурбекова С.А. [6] были обоснованы и определены оптимальные параметры процессов разрушения при шароструйном бурении, и на этом основании была разработана новая конструкция шароструйного снаряда ШСМ-216. Промышленные испытания данного образца показали, что превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43%, в сравнении с серийными долотами при бурении пород средней твердости. На основании вышеизложенного, можно отметить ряд преимуществ шароструйного бурения: возможность реализации на забое скважины большой мощности; значительная продолжительность рейса, которая будет ограничиваться лишь износостойкостью шароструйного

аппарата, т.к. заменять износившиеся шары можно подсыпанием их в скважину; простота конструкции шароструйного аппарата; отсутствие необходимости в создании высоких осевых нагрузок на ПРИ; возможность бурения с малой частотой вращения ПРИ (а также без вращения), что позволяет уменьшить износ бурильных труб, упростить условия для проходки направленных скважин. Анализ и обобщение результатов работ, посвященных исследованию шароструйного бурения, позволяет прийти к выводу, что оно является довольно перспективным, однако требует проведения дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, а также конструкторских проработок, что может позволить выйти на применение в практике буровых работ. Так, на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета была создана установка для абразивного бурения с применением долота гидромониторно-эжекционного типа (Рис.7). В основу разработки был положен принцип разрушения горной породы за счёт непрерывной циркуляции породоразрушающих частиц на забое, осуществляемой при помощи струйного аппарата, приводимого в действие потоком промывочной жидкости.

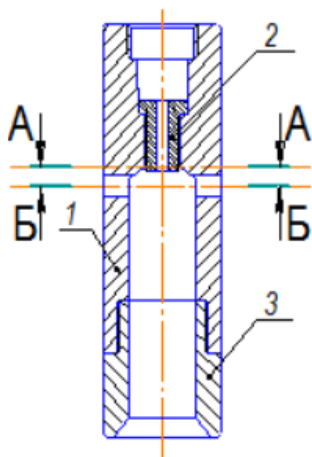


Рисунок 7. Струйный аппарат гидромониторно-эжекционного долота.

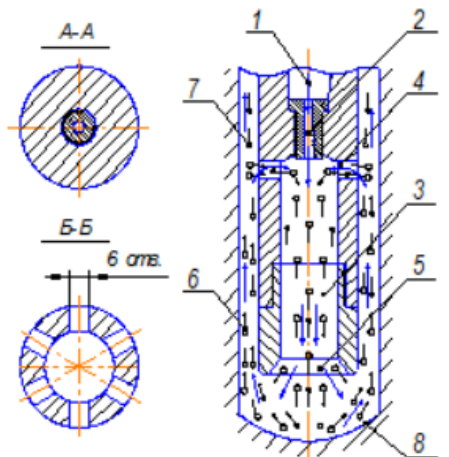


Рисунок 8. Схема работы струйного аппарата разрабатываемого долота..

Схема струйного аппарата разрабатываемого долота представлена на (рис. 8). Данный аппарат состоит из корпуса 1, сменных сопловой насадки 2 и насадки 3 с диффузором. Сменная сопловая насадка позволяет при

необходимости варьировать диаметр сопла, а насадка с диффузором - длину камеры смешения и угол раствора диффузора. Принцип действия данного струйного аппарата следующий (рис. 8): рабочая жидкость, подводимая к аппарату с большой скоростью, проходит камеру подвода рабочей жидкости 1, ускоряется в сопле 2 и на выходе из него истекает с большой скоростью в камеру смешения 3. При этом в пространстве, окружающем выход сопла с внешней стороны, образуется зона разряжения. В корпусе аппарата выполнены впускные окна 4 (6 шт.), через которые благодаря разряжению происходит всасывание рабочей жидкости со взвешенными породоразрушающими частицами 6 и частицами шлама 7 из затрубного пространства. Далее двухфазная смесь проходит через камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей, поступает в диффузор 5 и ударяется о разрушаемый материал 8, осуществляя разрушение.

Устройство № 1120733 [7] содержит соосно установленные сопловую насадку для формирования струи рабочего агента и разгонную камеру с окнами для эжектирования отработанных на забое породоразрушающих шаров в истекающую струю, а также расположенные каксиально им цилиндрический кожух с окнами для выхода продуктов разрушения и опорным башмаком, отличающееся тем, что, с целью предотвращения его заклинивания в проходимой скважине и обеспечения ее требуемого диаметра

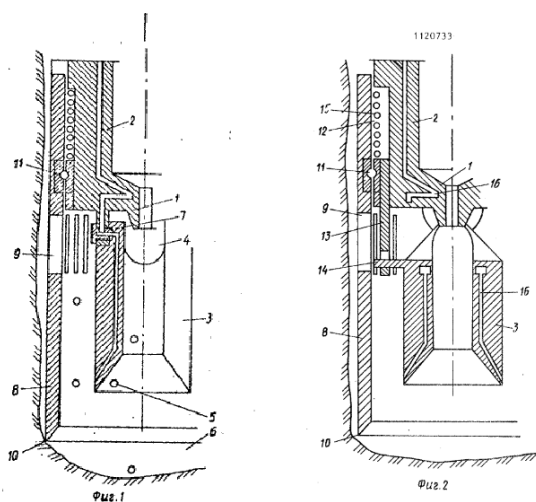


Рисунок 9 Шароструйный аппарат № 1120733

по всей глубине, сопловая насадка и разгонная камера сочленены шарнирно-поворотной, а кожух связан с сопловой насадкой с возможностью вращения и осевого перемещения и снабжен тягой, соединенной с разгонной камерой для ее поворота относительно сопловой насадки.

Изобретение относится к устройствам для шароструйного бурения скважин и может быть использовано для термомеханического бурения взрывных скважин в крепких горных породах.

Известно устройство для шароструйного бурения, в котором сопловая насадка, соединенная с источником газа, расположена соосно разгонной камере, имеющей окна для эжектирования в истекающую струю из призабойного пространства шаров, служащих в качестве породоразрушающих тел.

При использовании этого устройства для проходки скважин в слоистых породах с различными физическими свойствами слоев не удастся обеспечить постоянство диаметра скважины по глубине.

Более близким техническим решением к изобретению является устройство для шароструйного бурения скважин, содержащее соосно установленную сопловую насадку для формирования струи рабочего агента и разгонную камеру с окнами для эжектирования отработанных на забое породоразрушающих шаров в истекающую струю, а также расположенный коаксиально им цилиндрический кожух с окнами для выхода продуктов разрушения и опорным башмаком, в котором, согласно изобретению, сопловая насадка и разгонная камера сочленены шарнирно-поворотной, а кожух связан с сопловой насадкой с возможностью вращения и осевого перемещения и снабжен тягой, соединенной с разгонной камерой для ее поворота относительно сопловой насадки.

Между сопловой насадкой и кожухом размещена пружина для его возврата. На фиг.1 (рис. 9) показано предложенное устройство с шарнирным сочленением сопловой насадки и разгонной камеры; на фиг.2 (рис. 9) то же, со стороны соединения кожуха тягой с разгонной камерой.

Устройство для шароструйного бурения оснащено сопловой насадкой 1 для формирования струи рабочего агента, например газа, генерируемого в камере 2 сгорания, и расположенной соосно ей газгонной камерой 3, которая

имеет окна 4 для эжектирования породоразрушающих элементов в виде шаров 5 из призабойного пространства 6 в истекающую струю рабочего агента.

Сопловая насадка 1 и разгонная камера 3 соединены между собой с помощью шарнира 7 так, что разгонная камера 3 может поворачиваться в вертикальной плоскости относительно насадки 1.

И насадка 1, и камера 3 размещены внутри цилиндрического кожуха 8, имеющего окна 9 для выхода продуктов разрушения и опорный башмак 10, опережающий разгонную камеру 3.

Цилиндрический кожух 8 соединен с сопловой насадкой 1 посредством подшипника 11 и благодаря ему может вращаться 1. Кроме того, кожух 8 установлен с возможностью продольного перемещения относительно насадки 1 за счет наличия направляющего паза 12 в ней.

Для отклонения разгонной камеры 3 от вертикали к кожуху 8 и связанная с боковым упорным элементом 14 разгонной камеры 3. Тяга 13 перемещается вместе с кожухом 8, причем для его возвращения в исходное первоначальное положения служит пружина 15, помещенная в расточке насадки 1. Охлаждение сопловой насадки 1 и разгонной камеры 3 достигается за счет воды, подаваемой по каналам 16. Устройство работает следующим образом: Струя рабочего агента истекает из сопловой насадки 1 в разгонную камеру 3, куда из пространства между кожухом 8 и ею эжектируются породоразрушающие шары 5 через окна 4. Разогнанные до высокой скорости струей рабочего агента породоразрушающего шары 5 и истекающая струя рабочего агента разрушает забой скважины.

Сбрасываемая из каналов 16 в пространство между кожухом 8 и камерой 3 вода охлаждает шары 5. При этом вода испаряется и образующийся парогазовый поток поднимает шары 5 вместе с продуктами разрушения до эжекционных окон 4 в камере 3 для нового цикла разгона. Тем самым осуществляется циркуляция шаров 5.

Крупная фракция продуктов разрушения также участвует в процессе циркуляции вплоть до переизмельчения, мелкая фракция вместе с отраженным от забоя парогазовым потоком выходит через окна 9 кожуха 8 в затрубное пространство и выносится на поверхность.

При нормальном процессе формирования проходного сечения скважины опорный башмак 10 кожуха 8 не застревает при опускании устройства. При встрече с труднобуримыми пропластками происходит сужение скважины, башмак 10 взаимодействует со стенками скважины и процесс нормального устройства затрудняется. Расширение сечения скважины до проходного в этом случае осуществляется путем обработки ее периферийной части непосредственно под опорным башмаком 10 струей рабочего агента с шарами 5. Для этого разгонная камера 3 отклоняется от оси скважины посредством тяги 13, взаимодействующей с ее упорным элементом 14 следующим образом.

Под действием осевого усилия подачи происходит продольное смещение сопловой насадки 1 относительно кожуха 8, при этом тяга 13 вызывает отклонение упорного элемента 14 и связанной с ним камеры 3.

В результате вращения разгонной камеры 3 совместно с сопловой насадкой 1 происходит обработка периферии скважины непосредственно под опорным башмаком 10. После восстановления требуемого проходного сечения скважины цилиндрический кожух 8 под действием пружины 15 возвращается в исходное положение. Одновременно разгонная камера 3 также возвращается в исходное положение под действием тяги 13.

С помощью предложенного устройства достигается эффективная проходка скважин в крепких трещиноватых и слоистых породах, при этом скорость бурения возрастает примерно на треть по сравнению с шарошечным бурением.

4. Расчет и анализ

Для достижения минимальной энергоемкости процессов разрушения горных пород при динамическом вдавливании необходимо знать и обеспечивать оптимальное значение энергии удара. В случае разрушения горных пород ударами шаров определяющую роль играет скорость соударения шара с горной породой.

Скорость соударения, при которой энергия, запасенная шаром данного размера равна необходимой для образования воронки в результате первого скачка разрушения, назовем оптимальной скоростью соударения шара с забоем и обозначим $v_{\text{опт}}$. Значение значений $v_{\text{опт}}$ очень важно при выборе и расчете основных конструктивных размеров шароструйных аппаратов, выборе оборудования для бурения, а также для комплексных исследований процессов разрушения горных пород ударами шаров.

Экспериментальных данных по изучению механизма разрушения горных пород при динамическом вдавливании накоплено еще недостаточно. Это объясняется большими трудностями выделения и анализа различных фаз разрушения, протекающих с большими скоростями. Те данные, которые имеются на данный момент, показывают, что механизм разрушения горных пород при динамическом вдавливании отличается от механизма разрушения при статическом вдавливании.

Для проведения исследований механизма разрушения горных пород и изучения этих процессов на кафедре теоретической и прикладной механики Томского политехнического университета ведется разработка учебного стенда, схема приведена на (рис.10).

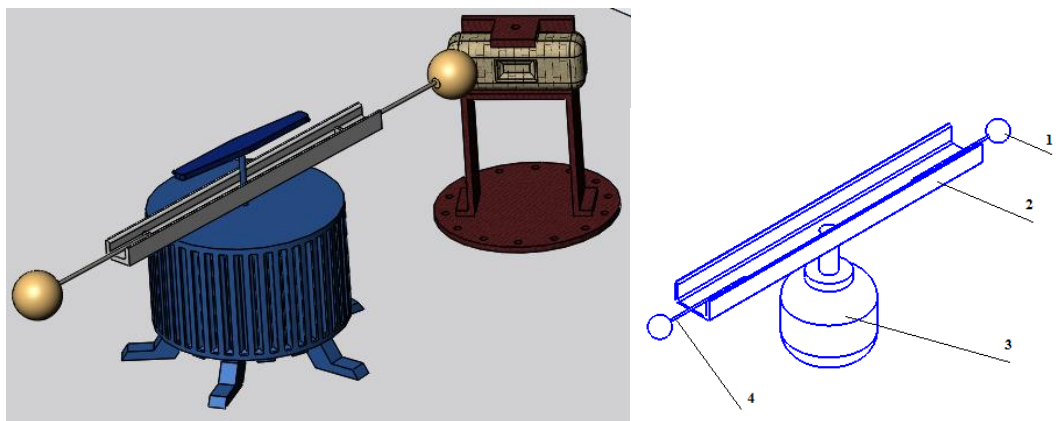


Рисунок 10. Учебный стенд.

Основными компонентами являются шарики 1 шарикоподшипника, которые соединены гибкой связью (трос) 4 с рычагом 2 (стальным швеллером). Вращение рычага обеспечивается асинхронным двигателем 3.

При разработке схемы установки значительное внимание уделялось простоте конструкции. Установка, выполненная в таком виде, позволит смоделировать механизм соударения шаров, происходящих при шароструйном бурении, максимально приближенную к реальной.

В диссертации Ковалева А.В. [2] было обосновано и принято условие, что в процессе соударения шара с горной породой должна обеспечиваться скорость при встрече с разрушаемой породой около $v = 20 - 40$ м/сек.

4.1 Определение размеров учебно-исследовательского стенда

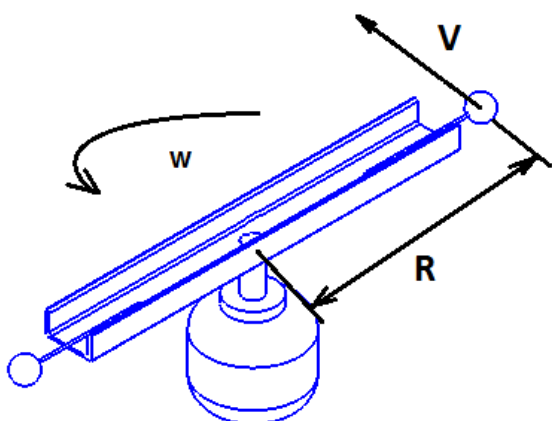


Рисунок 11. Схема стенда

Для обеспечения вращения твердосплавных шаров с заданной скоростью, необходимо выявить наиболее оптимальные размеры ударного механизма (плечо удара) учебно-исследовательского стенда.

Угловую скорость вращающихся шаров (рис. 11) вычислим по формуле для определения угловой скорости вращательного движения:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30};$$

Линейная скорость будет определена как:

$$v = R \cdot \omega = R \cdot \frac{\pi \cdot n}{30};$$

$$R = \frac{30 \cdot v}{\pi \cdot n}.$$

Скорость вращения шаров должна составлять $v = 20 - 40$ м/сек.

Рассматривая двигатель с частотой вращения 500 об/мин, угловая скорость будет составлять:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 500}{30} = 52,3 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 500} = 0.382 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 500} = 0.764 \text{ м}.$$

Радиус швеллера вместе с тросом, при двигателе с частотой 500 оборотах в минуту, будет варьироваться от 38 см до 76 см.

Рассматривая двигатель с частотой вращения 600 об/мин, угловая скорость будет составлять:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 600}{30} = 62,8 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 600} = 0.318 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 600} = 0.636 \text{ м}.$$

В таком случае, требуемый радиус швеллера вместе с канатом составит от 32 см до 63 см.

Рассмотрим двигатель с частотой вращения 750 об/мин. Определим что его угловая скорость будет составлять:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 750}{30} = 78,5 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 750} = 0.254 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 750} = 0.509 \text{ м}.$$

В таком случае, требуемый радиус швеллера вместе с канатом составит от 25 см до 50 см.

Рассматривая двигатель с частотой вращения 1000 об/мин, определим что его угловая скорость будет составлять:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104,6 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 1000} = 0.191 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 1000} = 0.382 \text{ м}.$$

Округлив значения, получим радиус швеллера вместе с канатом от 19 см до 38 см.

Рассмотрим двигатель с частотой вращения 1500 об/мин, найдем его угловую скорость, которая будет составлять:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 1500} = 0.127 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 1500} = 0.254 \text{ м}.$$

Придем к выводу, что радиус швеллера вместе с канатом будет варьироваться от 13 см до 25 см.

Определим минимальный радиус плеча при двигателе с частотой вращения 3000 об/мин:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ рад/с};$$

$$R_{\min} = \frac{20 \cdot 30}{3.14 \cdot 3000} = 0.063 \text{ м};$$

$$R_{\max} = \frac{40 \cdot 30}{3.14 \cdot 3000} = 0.127 \text{ м}.$$

Полученный радиус швеллера вместе с канатом будет составлять от минимального значения равным 6 см, до максимального 13 см.

Приняв во внимание вышеизложенные расчеты, нам необходимо было определить наиболее оптимальные конструктивные параметры ударного механизма для изучения механизмов разрушения горных пород.

Таблица 2. Значение радиусов плеч

Кол-во оборотов	R min, м	R max, м	ΔR, м
500	0,38	0,76	0,38
600	0,32	0,63	0,31
750	0,25	0,50	0,25
1000	0,19	0,38	0,19
1500	0,13	0,25	0,12
3000	0,06	0,13	0,07

Учитывая разницу наибольшего и наименьшего радиусов ΔR, принято решение использовать электродвигатель, обеспечивающий частоту 1000 оборотов в минуту. Данные размеры приняты нами как наиболее оптимальные. Радиус плеча ударного механизма принимаем как $R_{\text{шв}} = 15 \text{ см}$, длину каната $l_k = \Delta R - R_{\text{шв}} = 39 - 15 = 24 \text{ см}$.

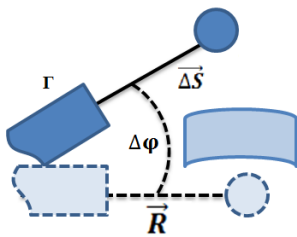
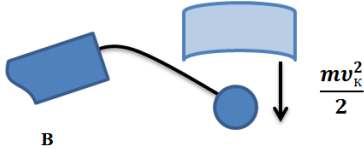
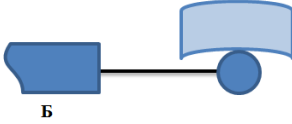
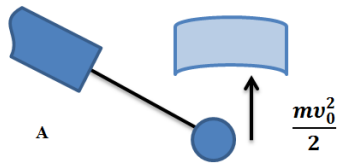
4.2 Электродвигатель

В настоящее время практически все электроприводы представляют собой нерегулируемые приводы с асинхронными двигателями. Благодаря плавному регулированию скорости вращения, в большинстве случаев можно отказаться от дросселей, вариаторов, редукторов и прочих регулирующих устройств, что существенно упрощает механическую систему, уменьшает расходы на ее эксплуатацию и повышает надежность.

Пуск двигателя, при подключении через частотный преобразователь, осуществляется плавно, без ударов и пусковых токов, благодаря чему уменьшается нагрузка на механизмы и двигатель, увеличивая срок их эксплуатации. Что немаловажно для нашей установки, т.к. для изучения механизмов разрушения горных пород при шароструйном бурении, нам потребуется длительное воздействие на модели изучаемых пород. Использование регулируемого электропривода дает возможность сэкономить до восьмидесяти процентов электроэнергии.

Точное регулирование скорости вращения в нашем стенде необходимо для моделирования различных условий воздействия на породу. Использование частотного преобразователя в подобных процессах дает возможность получить максимально близкие к реальным условия воздействия на породу, исключить обрывы. Если технологический процесс потребует вращение установки с определенной постоянной скоростью, возможно использование частотного преобразователя, который обеспечит плавный пуск и остановку, бесступенчатое изменение скорости.

Для нормальной работоспособности учебно-исследовательского стенда, необходимо рассмотреть отскок шара, при ударе с испытуемой горной породой. На (рис. 12) показана динамика работы стенда. Для определения параметров электродвигателя, необходимо определить мощность, которая будет характеризовать вращение твердосплавного шара.



При угловых перемещениях $\Delta\varphi$ модуль вектора $\overrightarrow{\Delta S}$ линейного перемещения выражается соотношением:

$$\overrightarrow{\Delta S} = R \cdot \Delta\varphi;$$

Крутящий момент твердосплавного шара:

$$M = F \cdot R;$$

Так как временем, которое потребуется для восстановления натяжения нити после соударения, можем пренебречь из-за его незначительности, то примем, что это изменение происходит за интервал времени, соответствующий повороту плеча на угол $\Delta\varphi = 45^\circ$.

Рисунок 12. Динамика работы

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4};$$

Элементарная работа вращательного движения:

$$dA = M \cdot d\varphi = \Delta E;$$

$$dA = F \cdot dS = F \cdot R \cdot d\varphi = M \cdot d\varphi.$$

Момент силы вращающегося шара:

$$M = \frac{\Delta E}{\Delta\varphi}; \quad (1)$$

Изменение кинетической энергии вращающегося шара:

$$\Delta E = E_k - E_0 = \frac{mv_k^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}.$$

При ударе о породу скорость шарика упадет. Для характеристики изменения скорости возьмем коэффициент k_v .

$$v_k = -v_0 \cdot k_v;$$

$$|E| = \left| \frac{mv_k^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \right| = \left| -\frac{mv_0^2}{2} \cdot (1 + k_v) \right| = \frac{mv_0^2}{2} \cdot (1 + k_v).$$

Для расчета требуемой мощности, которая будет характеризовать вращение твердосплавного шара, примем, что испытываемая горная порода будет максимально упругой ($k_v = 1$). Следовательно:

$$\Delta E = m v_0^2;$$

Так как $v = R \cdot \omega$, то:

$$\Delta E = m \cdot R^2 \cdot \omega^2.$$

Подставим в (1), и получим:

$$M = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{\Delta \varphi};$$

Мощность двигателя:

$$P = M \cdot \omega;$$

$$P = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{\Delta \varphi} \cdot \omega = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^3}{\Delta \varphi};$$

$$P_{min} = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^3}{\frac{\pi}{4}} = \frac{0,0329 \cdot 0,19^2 \cdot 104,6^3}{0,785} = 1732,523 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3} \sim 1,7 \text{ кВт};$$

$$P_{max} = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^3}{\frac{\pi}{4}} = \frac{0,0329 \cdot 0,19^2 \cdot 104,6^3}{0,785} = 7295,42 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3} \sim 7,3 \text{ кВт}.$$

Таким образом, электродвигатель, который может использоваться в разработке экспериментального учебно-исследовательского стенда должен обеспечивать мощность вращающегося шара 7,3 кВт.

Двигатели изготавливают с номинальной мощностью 0,55кВт; 0.75 кВт; 1.1 кВт; 1.5 кВт, 2,2 кВт, 3,0 кВт, 4,0 кВт, 5,5 кВт, 7,5 кВт эквивалентной механической выходной мощности. Исходя из этого было принято использовать по ГОСТ 51689-2000 [11] двигатель 4АМ132М6У3.

Таблица 3. Параметры двигателя

Марка	Мощность, кВт	Синхронная частота, об/мин	Номинальная частота вращения, об/мин
4AM132M6У3	7,5	1000	870

Для проектирования стенда для изучения механизмов разрушения горных пород имеет значение такой фактор, как габариты двигателя. Данный двигатель, весом 11,6 кг не будет создавать неудобств в изготовлении учебного стенда.

4.3 Система изменения длины плеча удара

Согласно вышеизложенному, учебный стенд для исследования механизма разрушения горных пород должен обеспечивать увеличение каната, чтобы обеспечить необходимую скорость, согласно необходимым требованиям. В качестве варианта предлагается система равноплечего рычага, обеспечивающего необходимое симметричное увеличение плеча удара. Схема регулировки длины показана на (рис. 13).

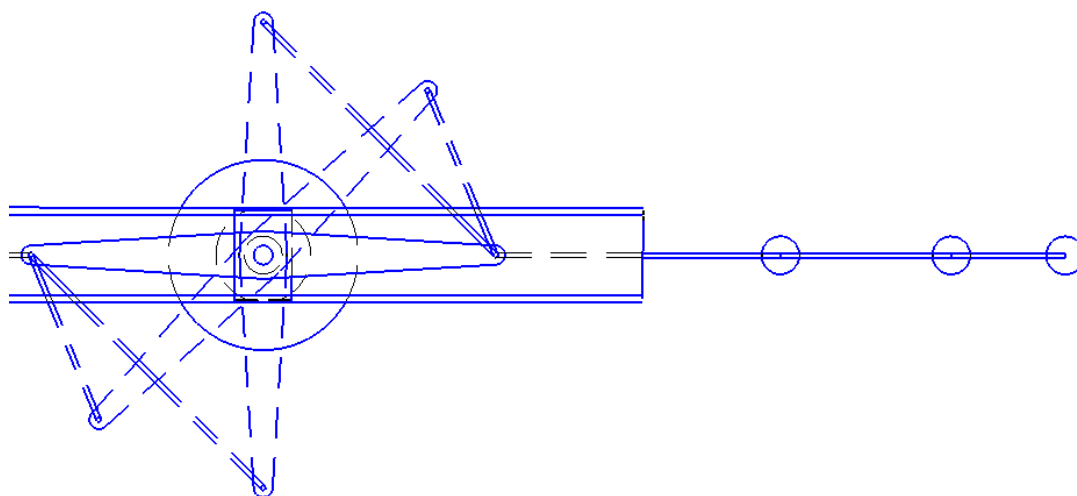


Рисунок 13 система положений рычага при изменении длины.

Исходя из расчетов изложенных выше, и учитывая необходимое изменение радиуса ΔR , принимаем значение длины рычага как $l_p = 12$ см.

4.4 Расчет прочности каната

Основной опасностью при работе с учебным стендом может стать неточность прочностных расчетов, полученных, при проектировании и разработке стенда. Это может привести к разрыву нити и вылету стальных шаров. Следовательно, используемый канат должен обеспечивать достаточную прочность. Поэтому необходимо вычислить минимальное усилие $F_{\text{разрыв}}^{\min}$ на разрыв каната. Принят шар по [8] ГОСТ 3722-81 диаметром 10 мм. Угловая скорость равна $\omega = 104,6$ рад/с.

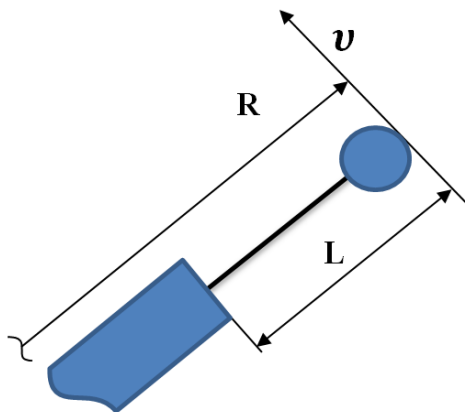


Рисунок 14

Сила инерции вращающегося шара:

$$F_{i \text{ ш}} = \frac{m_{\text{ш}} \cdot v^2}{R} = m_{\text{ш}} \cdot \omega^2 \cdot R;$$

$$F_{i \text{ ш}} = 0,0329 \cdot 104,6^2 \cdot 0,19 = 68,4 \text{ Н.}$$

Сила инерции троса:

$$F_{\text{тр}}^{\min} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot v^2}{R_{\text{тр}}} = m_{\text{тр}} \cdot \omega^2 \cdot \left(R - \frac{L}{2} \right);$$

$$F_{\text{тр}}^{\min} = 0,0329 \cdot 104,6^2 \cdot \left(0,19 - \frac{0,025}{2} \right) = 63,9 \text{ Н};$$

$$F_{\text{тр}}^{\max} = \frac{m_{\text{тр}} \cdot v^2}{R_{\text{тр}}} = m_{\text{тр}} \cdot \omega^2 \cdot \left(R - \frac{L}{2} \right);$$

$$F_{\text{тр}}^{\min} = 0,0329 \cdot 104,6^2 \cdot \left(0,38 - \frac{0,025}{2} \right) = 132,28 \text{ Н}$$

В точке крепления каната усилие разрыва (минимальное) будет составлять:

$$F_{\text{разрыв}}^{\min} = F_{i \text{ ш}} + F_{i \text{ тр}};$$

$$F_{\text{разрыв}}^{\min} = F_{i \text{ ш}} + F_{i \text{ тр}};$$

$$F_{\text{разрыв}}^{\min} = 68,4 + 63,9 = 132,3 \text{ Н};$$

$$F_{\text{разрыв}}^{\max} = 132,3 + 63,9 = 196,2 \text{ Н};$$

$$F_{\text{разрыв}}^{\min} \leq \frac{[F]}{n}.$$

Коэффициент запаса прочности примем равным 4.

Следовательно:

$$F_{\text{разрыв}}^{\max} \leq \frac{[F]}{4};$$

$$[F] \geq F_{\text{разрыв}}^{\min} \cdot 4;$$

$$[F] \geq 132,3 \cdot 4 = 784,8 \text{ Н}.$$

Для обеспечения данной прочности по ГОСТ 3067-88 [10] определим d – диаметр каната равным 3,1 мм.

4.5 Разработка системы крепления образца породы.

Форма поверхности забоя при шароструйном методе бурения показана на рисунке (рис. 15). Для максимальной приближенности экспериментальных исследований, учебный стенд должен обеспечивать ударное воздействие шаров под различными углами. Это позволит смоделировать разброс вылетания стальных сферических инденторов при шароструйном методе бурения.

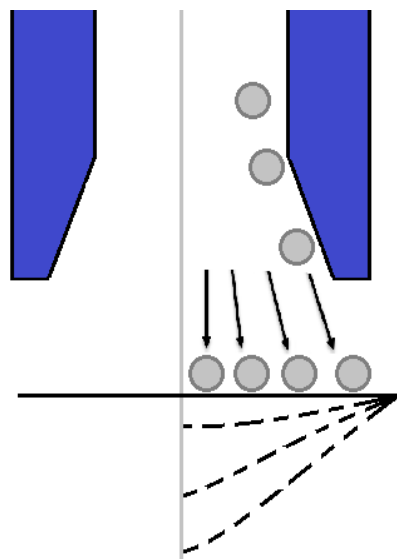


Рисунок 5. Формирование формы забоя.

Для этого была предложена конструкция держателя, испытываемой горной породы, которая показана на (рис. 16).

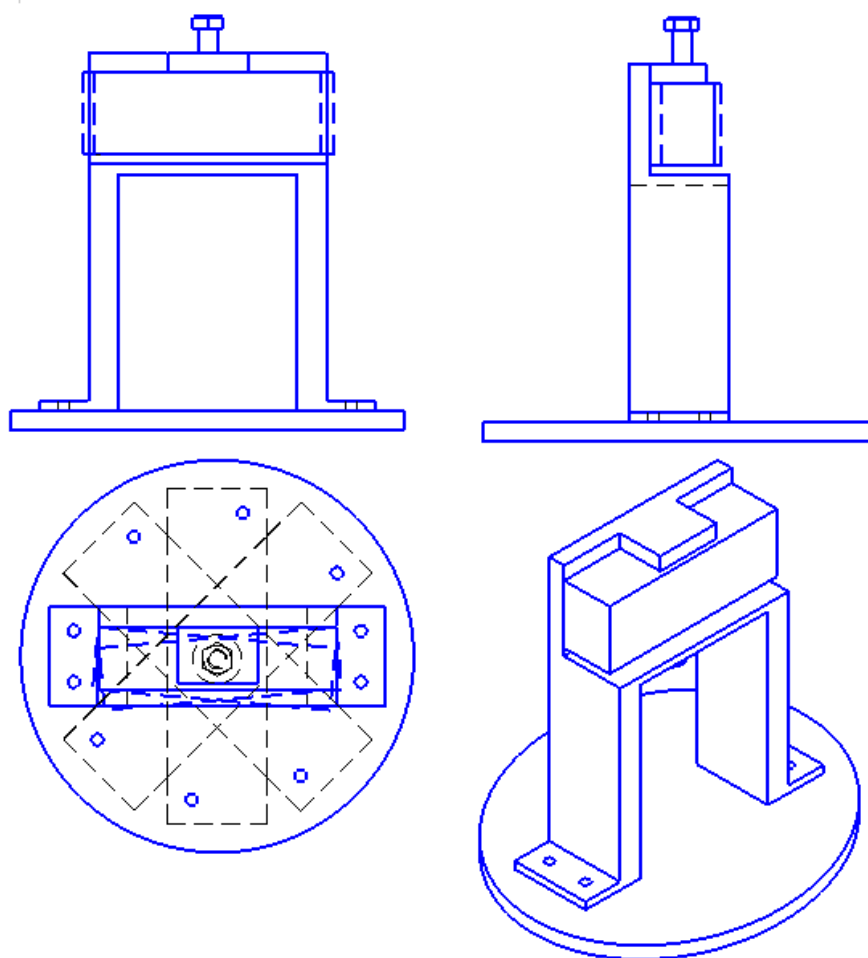


Рисунок 6. Система крепления.

4.6 Подбор плеча ударного механизма

Одним из несущих элементов учебно-исследовательского стенда является рычаг ударного механизма. Примем для изготовления рычага швеллер. Исходя из конструктивных параметров стенда, не имеют значения его материал и прочностные характеристики. Они обеспечены выбором сечения. По ГОСТ 8240-89- «Швеллеры стальные горячекатные» [9] выберем швеллер №5.

Таблица 4. Размеры швеллера.

№ швеллера	h	b	s	t	R	r	Площадь поперечного сечения см ²	Масса 1 м, кг
					не более			
	мм							
5	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84

В п1 мы определили размеры швеллера как $R_{шв} = 15$ см. Масса подобранной детали составит:

$$m_{шв} = 4.84 \cdot 2R_{шв} = 4.84 \cdot 0,30 = 1,45 \text{ кг.}$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4E21	Абдрахманову Диасу Муратовичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты – 2131,44 руб.; затраты по основной заработной плате – 1022,87 руб.; затраты по дополнительной заработной плате – 294,1 руб.; накладные расходы – 7761,94 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проект является перспективным в связи с высокой востребованностью данных исследований на целевом рынке и является альтернативным вариантом существующих методов бурения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка и сравнение себестоимости 1 м бурения шнороструйным методом . Проект является высокоэффективным за счет долговечности и правильного подбора оборудования. Введение других вариантов исполнения не требуется.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. График проведения НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E21	Абдрахманов Диас Муратович		

5.1 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе выпускной квалификационной работы производится оценка экономической эффективности шароструйного бурения и сравнение его с другими видами бурения.

Цель заключается в расчёте затрат на бурение, определения удельных капитальных вложений и годового экономического эффекта.

Также будут представлены «портрет» потребителя, оценка конкурентоспособности, матрица SWOT, оценка перспективности нового продукта, график разработки и внедрения, потенциальные риски и т.д.

Основными потребителями разработки данной ВКР – бурового снаряда будут являться буровые компании, а также некоторые сервисные компании, которые будут использовать ШЭБС в качестве отклоняющего инструмента.

Сравнение с шарошечным видом бурения, цена которого за 1 м бурения -22589,19 руб.

5.2 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений

Расчет коэффициента конкурентоспособности:

В качестве конкурентов будут использоваться такие виды бурения, как дробовое, гидроударно-шарошечное: $K_{kc} = K_{cф} / K_{cкi}$, где $K_{cкi}$ – конкурентоспособность товара фирм-конкурентов.

1. Конкурент - дробовое бурение:

$$K_{kc1} = 4,25 / 3,16 = 1,345.$$

2. Конкурент - гидроударно-шарошечное бурение:

$$K_{kc2}=4,25 /3,60= 1,181$$

В каждом случае предприятие признано конкурентоспособным, т.к.
 $K_{kc}>1$.

Таблица 8. Анализ конкурентов

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежный	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Безопасный	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Энергосберегающий	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
4. Функциональная мощность	0,15	4	2	3	0,6	0,3	0,45
5. Простота эксплуатации	0,05	5	5	2	0,25	0,25	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	2	3	0,75	0,3	0,45
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	1	2	0,1	0,05	0,1
3. Цена	0,15	3	5	4	0,45	0,75	0,6
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
5. Наличие сертификации разработки	0,05	5	4	4	0,5	0,2	0,2
Итого	1	40	32	32	4,25	3,16	3,60

За счёт модернизации шароструйного бурения будет намного повышена эффективность бурения, следовательно, и стоимость 1 м бурения будет снижена.

5.3 SWOT-анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ инженерного проекта.

Таблица 9. Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
С1. Увеличение механической скорости бурения на 20-30%. С2. Увеличение проходки на долото. С3. Интеграция в существующие механизмы. С4. Положительные результаты испытаний.	Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ». Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с продуктом
Возможности:	Угрозы:
В1. Существование потенциального спроса на новый продукт со стороны развитых компаний. В2. Возможность выхода на мировой рынок. В3. Привлечение потенциальных клиентов в качестве инвесторов.	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства у зрелых компаний. У2. Развитая конкуренция технологий производства.

Таблицы 10. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	0
	В2	0	+	+	-
	В3	-	-	0	0

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	-	+
	В2	-	0
	В3	-	-

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	+	-
	У2	0	0	0	+

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	0	+
	У2	-	-

Таблица 11 SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Увеличение скорости бурения на 20-30%. С2. Данная технология не наносит вреда окружающей среде. С3. Интеграция в существующие механизмы. С4. Положительные результаты испытаний.	Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ» Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с продуктом
Возможности:	Удовлетворение	Вероятность неправильного
В1. Существование потенциального спроса на новый продукт со стороны развитых компаний В2. Возможность выхода на мировой рынок В3. Привлечение потенциальных клиентов в качестве инвесторов	потенциального спроса на продукт со стороны развивающихся компаний и выход на мировой рынок за счет увеличения скорости бурения и возможности интеграции в существующие механизмы	использования продукта в связи с отсутствием квалифицированных кадров по работе с продуктом у потребителя.
Угрозы:	1. Невозможность интегрировать продукт в существующие механизмы вследствие консервативных взглядов зрелых компаний. 2. Жесткая конкуренция на рынке в связи с положительными испытаниями	Отсутствие у зрелых компаний должностей, связанных с обслуживанием продукта.

5.4 Расчет себестимости 1 м проходки при бурении шароструйным методом

В данной части будут рассчитаны затраты на шароструйное бурение и произведено сравнение с шарошечным методом бурения по себестоимости [2].

Для экономического расчёта в качестве исходных данных принимаем условия и полученные результаты при шароструйном бурении на Чатыркульском месторождении т.к. данное бурение было внедрено на этом месторождении [1].

Затраты шароструйных аппаратов за один метр составят

$$\frac{150\,000}{75,6} = 1984,1 \text{ руб}$$

Где 34600 – цена шароструйного аппарата (82); 75,6 – проходка на 1 аппарат в м.

Расход шаров составляет 14 кг за 80 ч бурения (11,43 станко-смен).

Затраты на 1 м бурения составят:

$$\frac{14 * 92}{11,43 * 6,63} = 16,9 \text{ руб}$$

Где 92 – цена 1 кг стальных шаров.

. Расход электроэнергии на 1 м при шароструйном бурении равен

$$\frac{6,3 * 45}{6,63} = 42,76 \text{ кВт * ч}$$

$$42,76 * 3.05 = 130,42$$

Где 6,3 – среднее время работы насоса в смену.

Заработная плата

Расчёт тарифного фонда зарплаты:

$$З_{ТАР} = Т_{СТ} \cdot Т_{ЭФФ},$$

где $T_{СТ}$ - тарифная ставка соответствующего разряда рабочего, $T_{ЭФФ}$ - эффективный фонд рабочего времени:

$$T_{ЭФФ} = 216 \text{ дней} = 1728 \text{ часов.}$$

$$T_{СТ} = 265 \text{ рублей/час.}$$

$$З_{ТАР} = 457920 \text{ руб./Год.}$$

Премияльные 20% от $З_{ТАР}$: $Д_{ПРЕМ} = З_{ТАР} 20\% / 100\% = 91\,584$ рубля.

Доплата за работу в праздничные дни ($Д_{ПР}$):

Официальных праздников в России – 12

$Д_{ПР} = N_{ЯВ} \cdot T_{ПР} \cdot T_{СТ} = 47700$ рублей, где $T_{ПР}$ – количество праздников в году; $N_{ЯВ}$ – явочная численность рабочих.

Основная зарплата ($З_{ОСН}$): $З_{ОСН} = З_{ТАР} + Д_{ПРЕМ} + Д_{ПР} = 457920 + 91584 + 47700 = 597204$ рубля.

Дополнительная зарплата ($З_{ДОП}$):

$З_{ДОП} = (D_{Н} \cdot З_{ОСН}) / T_{ЭФФ} = 56 \cdot 597204 / 216 = 147052,8$ рубля, где $D_{Н}$ – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности) 56 дней.

Стоимость дополнительной заработной платы на 1 м бурения

$$\frac{147052,8}{5000} = 294,1 \text{ руб}$$

Годовой фонд заработной платы:

$$ФЗП_{\text{год}} = (597204 + 147052,8) \cdot 1,3 + 55338,4 = 1\,022\,872,24 \text{ рубля.}$$

С учетом численности рабочих: 5114361 рубля.

Таблица 12. Порядок расчета годового фонда заработной платы вспомогательных рабочих

Таблица 12. Расчет годовой фонда заработной платы.

Этапы расчета	Размер выплат (руб.)
1.Расчёт тарифного фонда зарплаты	457 920
2. Премияльный фонд ($D_{\text{прем}}$)	91 584
4.Доплата за работу в праздничные дни	47 700
5.Основная зарплата ($Z_{\text{осн}}$)	597 204
6.Дополнительная зарплата	147052,8
7.Районный коэффициент	1,3
8. Годовой фонд заработной платы	5 114 361

При расчете заработной платы на 1 м проходки при шароструйном бурении, получим:

$$\frac{5114361}{5000} = 1022,87 \text{ руб}$$

Расходы на амортизацию на бурение 5000 м, согласно [3] аналогичны расходам гидроударно-шарошечного бурения. Срок эксплуатации оборудования 10 лет:

$$0,1 \cdot (565000 + 1235000) = 180000 \text{ руб}$$

Где 2 565 000 – цена насоса 9МГр, 1 235 000 – цена насоса ЗИФ-Р-200/400

Амортизационные отчисления на бурение 1 м шароструйным способом будет затрачено:

$$\frac{180000}{216 \cdot 6,63} = 125,7 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды примем в размере 30%:

$$1022,87 \cdot 0,3 = 306,8 \text{ руб}$$

Накладные расходы составят 200%

$$1121,89 \cdot 2 = 2243,78 \text{ руб}$$

Калькуляция себестоимости 1 м бурения шароструйным методом.

Таблица 13.Стоимость 1 м бурения

<i>Стоимость</i>	еденица измерения	Затраты
Заработная плата	руб	1022,87
Доп.заработная плата		294,1
Отчисления на соц.нужды		306,8
Материалы. В том числе:		
Электроэнергия		130,42
Аппарат		1984,12
Шары		16,9
Амортизация		125,7
Итого:		3880,97
Накладные расходы 200%		7761,94
	ВСЕГО:	11642,91

Экономическая выгода при бурении 1 м составит:

$$\cdot 22589,19 - 11642,91 = 10946,27 \text{ руб/метр}$$

Окупаемость аппарата

$$\frac{150000 * 6,63}{11642,91} = 85,4$$

Струйный аппарат окупит свои вложения через 86 дней.

Заключение.

Шароструйное бурение имеет по сравнению с дробовым и шарошечным преимущество, которое проявляется в безаварийности. Исключаются различные прихваты и обрывы инструмента, так как он не находится в контакте с забоем скважины и колонна бурильных труб разгружена. Улучшаются также условия работы, так как бурильщику необходимо лишь отрегулировать опускание снаряда с соответствующей скоростью, при этом станок отключен, что исключает шумовые воздействия на рабочих и др. Кроме того, важным преимуществом, не учитываемым стоимостными показателями, является неограниченная возможность управления отклонением скважины в процессе бурения.

Исходя из изложенного выше, можно заключить, что даже применением шароструйного бурения в режимах, далеких от оптимальных, позволяет снизить затраты при замене дробового на 51,54 %; имеется ряд преимуществ, также свидетельствующих о целесообразности использования шароструйного способа и в конечном счете его эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е21	Абдрахманову Диасу Муратовичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 Технологические машины и оборудование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Инженер-исследователь использует в работе учебный стенд, бумажные документы. Вредные факторы: повышенный уровень шума оборудования, недостаточная освещенность рабочего места, некомфортный для работы микроклимат, монотонность работы, умственное напряжение, эмоциональные перегрузки. Опасные факторы: опасность поражения электрическим током, опасность разрыва нити и вылету стальных твердосплавных шаров.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Физико-химическая природа вредных факторов: - повышенные уровни шума; -повышенные уровни вибрации. Средства коллективной защиты: - шумопоглощающая изоляция; - звукоизолирующие кожухи; - активные средства виброзащиты. Средства индивидуальной защиты: - противошумные наушники; - противошумные вкладыши;
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты;	Источник опасных факторов: - механические процессы; Средства защиты: - защитные кожухи;

– термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Причины проявления опасных факторов: - неточность или ошибочность прочностных расчетов при моделировании и конструировании учебного стенда
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Защита селитебной зоны: учет санитарно-защитной зоны при утилизации учебного стенда Воздействие на атмосферу: выбросы пыли и шлама разрушаемых пород Воздействие на гидросферу: -нет Воздействие на литосферу: смазочные материалы при техническом обслуживании и ремонте установки. Решения по обеспечению экологической безопасности: - соблюдение инструкций при сборке и утилизации стенда - Все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90;
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на объекте: - пожары, возникающие из-за повреждения электропроводки. Превентивные меры по предупреждению ЧС: проведение эмпирических испытаний после получения результатов при моделировании процессов в программном комплексе является наиболее важной мерой на пути предупреждения чрезвычайной ситуации. В случае возникновения данной аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному учебно-исследовательской лаборатории на случай возникновения ЧС.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке. К выполнению работ допускаются руководители, студенты, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.
Перечень графического материала:	

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.05.2016 г
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е21	Абдрахманов Диас Муратович		

Введение

В выпускной квалификационной работе проектируется учебный стенд для изучения механизмов разрушения горных пород при шароструйном бурении.

Такое решения, как разработка учебного стенда, позволит намного повысить уровень исследовательских работ (изучение влияния раскрытия диффузора, скорости шаров при бурении). Все это достигается за счет оптимальной конструкции, которая максимально точно симитирует механизм разрушения пород.

Так как данная работа – аналитическое исследование, расчетно-конструкторская разработка, то рабочим местом является – учебный кабинет, в котором расположен учебный стенд.

6.1 Техногенная безопасность

Любое рабочее место несет в себе потенциальные риски и угрозы здоровью человека. Необходимо четко структурировать всевозможные опасные и вредные факторы, чтобы в дальнейшем как можно лучше уберечь себя от них.

Таблица 25 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	вредные	опасные	
Работа с компьютером и орг. техникой		Опасность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82
	Повышенный уровень ионизирующих и электромагнитных излучений в рабочей зоне		НРБ-99, ГОСТ 12.1.006–84, СанПиН 2.2.4.1191-03

	Повышенная или пониженная влажность воздуха		СанПиН 2.2.4.548-96
	Повышенный уровень шума на рабочем месте		ГОСТ 12.1.003–83, СНиП П-12-77
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
	Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны		СанПиН 2.2.4.548-96
	Эмоциональные перегрузки		Р 2.2.2006-05
	Умственное перенапряжение		Р 2.2.2006-05
	Монотонность труда		Р 2.2.2006-05

Табл. 25 Физико-химические источники опасных и вредных факторов

Наименование фактора	Тип источника	Наименование источника
Шум	Физический	ПК и офисное оборудование
Электромагнитное излучение		
Электрическое напряжение		
Освещенность		Естественные и искусственные источники света
Микроклимат		Температура и влажность воздуха в рабочей зоне, температура поверхностей оборудования.

Табл. 27. Воздействие опасных и вредных факторов на человека

Наименование фактора	Воздействие на человека
Шум	Ухудшение и потеря слуха; нарушение работы мозга и нервной системы; эндокринные расстройства; ухудшение психологического состояния; снижение иммунитета.
Электромагнитное	Ослабление половой и иммунной систем; повышение

излучение	нагрузки на сердечнососудистую систему организма; расстройства нервной системы; развитие онкологических заболеваний.
Освещенность	Ухудшение функционирования зрительного аппарата; ухудшение психологического и эмоционального состояния; утомляемость центральной нервной системы; снижение работоспособности; возникновение травматизма.
Микроклимат	Снижение работоспособности и внимания; вялость; утомляемость; перегрев организма; возникновение сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей; возникновение простудных заболеваний; ослабление нервной системы.
Электрическое напряжение	Поражение электрическим током; ожоги; нарушение физико-химического состава крови; поражение слизистой оболочки глаз; разрыв тканей организма; летальный исход.

Таблица 28. Допустимые нормы опасных и вредных факторов

Наименование фактора	Допустимые нормы	Нормативные документы
Шум	См. табл.5.	ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ
Электромагнитное излучение	- Напряженность электрической составляющей: $E_{пду} = 200 \text{ В/м}$ - Напряженность магнитной составляющей: $H_{пду} = 20 \text{ А/м}$	СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96
Освещенность	- Коэффициент естественной освещенности при естественном освещении: $KEO = 3,5\%$ - Коэффициент естественной освещенности при совмещенном освещении: $KEO = 2,1\%$ - Освещенность при общем освещении: $E = 400 \text{ лк}$	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
Микроклимат	См. табл.6.	СанПиН 2.2.4.548-96
Электрическое напряжение	Напряженность электрического поля в течение	ГОСТ 12.1.045-84

	1 часа: $E_{пред} = 60 \text{ кВ/м}$	
--	--------------------------------------	--

Таблица 29. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003-83*)

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатория для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Таблица 30. Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Температура поверхности, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек
Холодный	Легкая (категория Ib)	19-20,9 23,1-24	18-25	15-75	0,1 0,2
Теплый		20-21,9 24,1-28	19-29		0,1 0,3

Таблица 31. Средства коллективной и индивидуальной защиты от опасных и вредных факторов

Наименование фактора	Средства коллективной и индивидуальной защиты (СИЗ)
Шум	Уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; звукоизоляция; установка глушителей шума; рациональное размещение оборудования; применение СИЗ (специальные наушники, шлемы).
Электромагнитное излучение	Выбор рационального режима работы оборудования; увеличение расстояния между человеком и источником; экранирование источника; применение СИЗ (специальная одежда, защитные очки).

Освещенность	Рациональное размещение осветительных установок; совмещение естественного и искусственного освещения; использование соответствующего типа и мощности ламп; рациональное размещение оборудования и мебели относительно оконных проемов и осветительных установок.
Микроклимат	Правильная организация систем отопления и воздухообмена; применение систем местного кондиционирования воздуха; регламентация периодов работы; наличие зон отдыха.
Электрическое напряжение	Изоляция проводов; установка оградительных устройств; использование предупредительной сигнализации, предупреждающих плакатов и знаков безопасности; защитное заземление и отключение; зануление; использование устройств автоматического отключения; применение СИЗ (диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками).

Социальная ответственность — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров, местные сообщества и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

В нашей стране уделяется огромное значение вопросам обеспечения безопасности условий труда. Разработана и широко применяется система мер по охране труда, включающая трудовое законодательство, стандарты безопасности труда, правила и нормы, а также комплексы социально-экономических, гигиенических и организационных мероприятий.

Большинство производственных процессов в нефтяной промышленности идут на открытом воздухе, часто при неблагоприятных метеорологических условиях. Нефтепромысловое эксплуатационное оборудование подвержено внешним воздействиям, коррозии, низким температурам и т.д., что приводит к нарушению прочностных характеристик и их преждевременному разрушению.

Технологическим процессам присущи высокие давления, повышенные температуры. В них используют агрессивные и токсичные вещества, большие массы горючих жидкостей и газов, взрывчатые и радиоактивные вещества. Специфичным для нефтяной промышленности является применение громоздкого и тяжелого бурового и эксплуатационного оборудования, которое приходится часто перемещать при монтаже, ремонте, погрузке, выгрузке и перебазировании. Поэтому оператор по добыче нефти и газа должен придерживаться всех требований безопасности, которые ему предъявляются.

В настоящее время безопасность жизнедеятельности базируется на основе КЗОТ РСФСР, санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН 245-71, ПЭУ, СНиП, ССБТ и т.д.

Производственные функции оператора по добыче нефти и газа:

- Контроль за работой скважин, системы ППД и КИП;
- Поддержание и, в случае необходимости, изменение режимов работы скважин;
- Поддержание чистоты и порядка на объекте;
- Снятие показаний КИП, ГЗУ, мониторинг работы скважин;
- Контрольный обход трубопроводов.

Рабочим местом является операторная, также ГЗУ и кусты скважин.

6.2 Анализ вредных факторов

6.2.1 Шум и вибрация

Нормирование производственной вибрации осуществляется на основании СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» и ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Вибрацией называются механические колебания, создаваемые работающими машинами, движущимися жидкостями и другими источниками и передаваемые конструкциям производственных зданий, сооружениям, оборудованию, человеку. Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия.

Согласно ССБТ ГОСТ 12.1.012-90 используют следующие методы и средства защиты от вибраций:

1. Применение виброизоляции – защита с помощью устройств, помещённых между источником возбуждения и защищаемым объектом;
2. Применение вибродемпфирования – превращение энергии механического колебания в тепловую энергию;
3. Снижение вибрации на пути её распространения введением рёбер жёсткости и изменения конструкции несущих систем механизмов;
4. Динамическое гашение колебаний – присоединение к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы.

Допустимые уровни звукового давления и вибрации представлены в табл. 6.1 и 6.2.

Работа оператора относится к категории 1 степени тяжелого труда и средней физической нагрузки.

Таблица 6.1 – Категория тяжести трудового процесса

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Таблица № 6.2– Допустимые уровни звукового давления и вибрации
представлены

Среднегеометрические частоты, Гц	Амплитуда перемещения, мм	Среднеквадратичная колебательная скорость	
		мм/с	дБ к $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с
2	1,28	11,2	107
4	0,28	5	100
8	0,056	2	92
16	0,028	2	92
31,5	0,014	2	92
63	0,0072	2	92

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» и Санитарными

нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Шумом является всякий нежелательный для человека звук. Шум возникает вследствие упругих колебаний как машины в целом, так и отдельных её частей. Причины возникновения этих колебаний: механические, аэродинамические, гидродинамические и электрические явления, определяемые конструкцией и характером работы машин, а также неточностями, допущенными при изготовлении и эксплуатации.

Источником шума является сам учебный стенд.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ для снижения уровня шума могут быть применены следующие мероприятия:

1. Использование средств звукопоглощения при выполнении акустической обработки шумных помещений путем применения таких материалов и конструкций для стен, окон, ворот, дверей, которые могут обеспечить требуемую звукоизоляцию.

2. Устройство специальных звукоизолирующих кожухов при размещении шумного оборудования.

3. Применение экранов, препятствующих распространению звука от оборудования и глушителей шума.

4. Использование средств виброизоляции и вибродемпфирования.

5. Проведение организационно-технических мероприятий, связанных с проведением своевременного ремонта, смазки машин и оборудования и т.п.

6. Использование наушников или берушей.

6.3. Анализ опасных факторов

Основной опасностью, при работе с учебным стендом может стать неточность прочностных расчетов, полученных, при проектировании и разработке стенда. Это может привести к разрыву нити и вылету стальных шаров.

Средства защиты исследователя, работающего со стендом, должны обеспечивать предотвращение или уменьшение действия опасных и вредных механических факторов.

При разрушении горных пород, возможно появление пыли, которая может оказывать вредное воздействие на органы дыхания.

Для защиты исследователя, работающего со стендом, предполагается:

- Изготовление защитного кожуха, который обеспечит безопасность исследователя, работающего со стендом.
- Средства индивидуальной защиты органов дыхания: полумаска с противогазовыми фильтрами;
- Средства защиты глаз: очки защитные открытые.

6.3.1. Электробезопасность

Различают электроустановки с большими токами замыкания на землю, в которых ток однополюсного глухого замыкания на землю превышает 500А, и электроустановки с малыми токами замыкания на землю, в которых ток однополюсного глухого замыкания на землю равен или менее 500А. При эксплуатации учебного стенда увеличивается зона поражения электрическим током. Одним из наиболее слабых узлов стенда является кабель. Повреждения кабельного ввода электродвигателя заключается в пробое электрической изоляции ввода с последующим коротком замыканием жил кабеля между собой и на корпус электродвигателя.

Основные средства для защиты от электрического тока:

- защитное отключение, позволяющее в случае замыкания или неисправности какого-либо оборудования предотвратить несчастный случай;
- применяют такие электрические схемы изделий, которые исключают самопроизвольное включение или отключение изделия;

- зануление, согласно ПУЭ, корпусов электроприводов, трансформаторов, сварочных аппаратов, светильников;
- для обеспечения защиты человека от поражения электрическим током изолируют части изделий, доступные для прикосновения;
- на металлических частях оборудования, которые могут оказаться под напряжением, конструктивно предусмотрены видимые элементы для соединения с защитным заземлением;

6.3.2 Пожарная безопасность

Проводятся следующие мероприятия по пожаро- и взрывобезопасности: разработка и использование системы нормативных материалов; обучение, инструктаж и допуск к работе персонала пожаро- и взрывобезопасных производств; контроль и надзор за соблюдением нормативных документов; предотвращение возникновения пожаров; ограничение распространения пожара; обеспечение условий эвакуации людей и материальных ценностей из области пожара; организация тушения пожаров (составление планов, тренировки, реализация этих планов).

В качестве огнегасящих средств используется вода, химическая и воздушно-механическая пены, песок и другие материалы.

Кабинеты для исследований обеспечиваются углекислотными огнетушителями и набором простейшего противопожарного инвентаря. Для снижения риска возможного возникновения очагов пожара разработаны противопожарные мероприятия и осуществляется контроль за их исполнением.

Во избежание пожаров и взрывов, каждый студент должен соблюдать простые требования производственной санитарии. При проектировании учебного стенда, установку его в исследовательской лаборатории, выполняется комплекс строительных противопожарных мероприятий, направленных на исключение возможности возгорания, локализацию

пожаров, эвакуацию людей из очагов пожаров и на быстрое и эффективное тушение пожаров.

6.4 Охрана окружающей среды

Объектом исследования является учебно-исследовательский стенд, для проведения экспериментальных исследований шароструйного бурения, все конструкторские и технологические инновации направлены на повышение эффективности экспериментов.

Постоянными источниками загрязнения атмосферы, почвы, подземных и поверхностных вод являются шламы и пыли, которые появляются в результате разрушения исследуемых механизмов разрушения горных пород сферическими телами.

6.4.1 Защита атмосферы

Главным и постоянным источником загрязнения атмосферы являются шламы, составляющие пылевые и мелочные части разрушаемой породы т.к. в составе шлама разнообразные реагенты и т.п., то основное воздействие на окружающую среду будет заключаться в загрязнении объектов природной среды химическими реагентами, минеральными солями и т.д.

Воздействие шлама на атмосферу происходит путем выделения легких фракций пыли с поверхности разрушаемой породы.

Мероприятия защиты атмосферы при проведении экспериментально-исследовательских работ:

- внедрение установок очистки;
- модернизация привода оборудования;
- внедрение методов испытаний, исключающих выброс вредных веществ в атмосферу;
- нейтрализация вредных веществ в шламе, и в продукции испытаний на учебно-исследовательском стенде;

6.4.2 Защита гидросферы

При проведении исследований на моделируемом учебно-исследовательском стенде влияния на гидросферу не будет.

6.4.3 Защита литосферы

Воздействие учебно-исследовательского стенда на почву, растительный и животный мир произойдет после его утилизации, по завершению его срока эксплуатации или поломке, с невозможностью его восстановления. Влияние на литосферу сводится к загрязнению смазочными материалами, которые используются при его изготовлении. При загрязнении почв смазочными материалами происходит нарушение воздушного режима и водных свойств почв. В результате воздействия на почвенный покров отмечается изменение населяющих почву живых микроорганизмов: снижается численность целлюлозо-разлагающих микроорганизмов и бактерий, усваивающих соединения азота. Происходит угнетение окислительно-восстановительных ферментативных процессов, что в конечном счете снижает биологическую активность и плодородие почв.

Меры защиты:

Для того, чтобы снизить и вообще избавиться от загрязнения почв, нужно самое главное не допускать выбросов пыли и шлама при проведении экспериментальных исследований; если все-таки загрязнение происходит, то нужно немедленно утилизировать отходы породы. На данный момент учебно-исследовательский стенд является необходимой частью экспериментальных исследований бурения, тогда после проведения экспериментов его нужно утилизировать, рекультивировать земли.

Методы экономического регулирования в сфере охраны окружающей среды воздействуют на имущественные интересы природопользователей. К числу основных экономических методов относятся плата за загрязнение и

налогообложение. Эти методы стимулируют экологически безопасную деятельность как наиболее выгодную с экономической точки зрения.

6.4 Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях

При работе с учебным стендом, моделирующим механизмы разрушения горных пород при шароструйном бурении могут возникнуть ЧС различного характера: природного, техногенного.

Чрезвычайные ситуации техногенного характера: пожар. Проводится комплекс профилактических мероприятий, обеспечивающих защиту исследователя, работающего со стендом в ЧС, обеспечивающих защиту инженерно-технического комплекса, проводят подготовку аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации последствий ЧС.

При организации защиты рабочего персонала в ЧС используют три способа: эвакуация, укрытие в убежищах и применение средств индивидуальной защиты. В планах действий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС эти способы защиты используют как по отдельности, так и в различных сочетаниях в зависимости от конкретных условий. Экстренная эвакуация проводится в случае внезапного возникновения ЧС.

В качестве средств индивидуальной защиты используют: средства защиты органов дыхания, медицинские средства. Они могут быть своевременно выданы исследователям, работающим на учебном стенде. Комплекс мероприятий по предотвращению возникновения ЧС и снижению ущерба от них содержит: контроль и прогнозирование опасных природных явлений и негативных последствий хозяйственной деятельности людей; оповещение населения, работников и органов управления предприятия об опасности возникновения ЧС; планирование действий по предупреждению ЧС и ликвидации их последствий; обучение населения к действиям в ЧС;

накопление и поддержание в готовности индивидуальных и коллективных средств защиты.

Большое внимание необходимо уделить вопросу подготовки и исследователя, согласно заранее выбранному режиму работы с учебным стендом. Цель обучения состоит в том, чтобы научить правильным действиям в условиях приближенным к аварийным ситуациям.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Опасные и вредные производственные факторы их классификация определяются по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ.

Вибрационная безопасность. Общие требования к вибрационной безопасности регламентируются ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ

Общие требования к шумам при производстве по ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ - Средства и методы защиты от шума. Общие требования

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука определяются ГОСТ 12.1.003-83

ГОСТ 12.2.062-81 регламентирует оборудование производственное.

Ограждения защитные

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы был выполнен обзор литературы, дающей общее представление о методе шароструйного бурения. Была выявлена недостаточность экспериментальных исследований, посвященных данной теме.

Опираясь на данные, приведенные в диссертации Ковалева А.В., ряд научных статей по данной тематике, в рамках данной работы была разработана конструкция стенда, спроектированы элементы для его изготовления, подобраны и рассчитаны компоненты стенда, которые позволят смоделировать ударное воздействие сферическими инденторами при шароструйном бурении.

В программах Autodesk Inventor и SolidWorks создана анимированная 3D модель данного учебно-исследовательского стенда.

Выполнен стоимостной расчет показателей на 1 м бурения при шароструйном методе и проведено сравнение с аналогичными показателями при гидроударно-шарошечном бурении.

Список литературы

1. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М. :Недра, 1969. – 207 с.
2. Ковалев А.В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин: автореф. дис.канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 143 с.
3. Алиев Ф. Р., Горбенко В.М. Исследование износа шароструйно-эжекторного долота, разработка способов его предупреждений // Творчество юных – шаг в успешное будущее: Материалы VII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 316–320.
4. Алиев Ф. Р., Горбенко В.М. З. Рябчиков С.Я., Якушев Д.А. Проблемы гидродинамических способов бурения скважин и основные направления их решения. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 6-12.
5. Арбит В. С. Исследование и разработка методики расчета эжекторных буровых устройств с целью создания эффективных технических средств для бурения и освоения скважин: дис. канд. техн. наук. – Томск, 1974. – 204 с.
6. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис.канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.
7. А.с. № 1120733, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, Е.А. Потехин, Л.С., Дербенев, А.А. Боголюбов, Г.Г. Каркашадзе, И.В. Чугунов – № 3597561; Заявлено 31.05.1983; Опубл. 15.08.1986.
8. А.с. № 417599, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А.Б. Уваков, В.В. Штрассер – № 1451266; Заявлено 15.06.1970; Опубл. 28.02.1974.
9. ГОСТ 8240-89 «Швеллеры стальные горячекатные.

10. ГОСТ 3067-88 «Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х19 (1+6+12)+1х19 (1+6+12)».
11. ГОСТ 51689-2000 «Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно. Общие технические требования».
12. Шрейнер Л.А. Твердость хрупких тел. Изд. АН СССР, 1949.
13. Булатов В.В. Изменение твердости горных пород с глубиной их залегания. Труды ГрозНИИ, вып. XIII. Гостоптехиздат, 1962.
14. Владиславлев В.С. Разрушение пород при бурении скважин. Гостоптехиздат, 1958.
15. Леджурвуд Л.У. Обзор работ по созданию усовершенствованных способов бурения нефтяных скважин в условиях некоторых рудных месторождений Казахстана. Канд.диссерт., МГРИ, 1964.