

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

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки: технология геологической разведки  
Кафедра бурения скважин

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>Технология и техника сооружения скважин при проведении разведочных работ на Ёлкинском месторождении сульфидных медно-никелевых руд (Воронежская область)</b>

УДК 553.43'481.550.822.7:622.24(470.324)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
222В	Портнягин Артём Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бондарчук И.Б.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Геолого-методическая часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гаврилов Р. Ю.	К.Г.-М. Н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кочеткова О. П.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой БС	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев А. В.	К.Т.Н.		

Томск 2017

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

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность)	21.05.03 «Технология геологической разведки»
Уровень образования	Специалитет
Кафедра	Бурения скважин
Период выполнения	Осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ
------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
 выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.17
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>03.05.17</i>	<i>Описание теоретической части проекта</i>	<i>50</i>
<i>18.05.17</i>	<i>Выполнение расчетной части проекта</i>	<i>40</i>
<i>23.05.17</i>	<i>Устранение недостатков проекта</i>	<i>10</i>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бондарчук И.Б.	-		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
БС	Ковалев А. В.	к. т. н.		

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

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки: технология геологической разведки  
Кафедра бурения скважин

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ковалев А. В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Студенту:

Группа	ФИО
222В	Портнягин Артём Сергеевич

Тема работы:

<b>Технология и техника сооружения скважин при проведении разведочных работ на Ёлкинском месторождении сульфидных медно-никелевых руд (Воронежская область)</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: Ёлкинское месторождение сульфидных медно-никелевых руд
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Технология и техника проведения буровых работ. 2. Вспомогательные и подсобные цеха. 3. Проектирование траекторий многоствольных геологоразведочных скважин.

<b>Перечень графического материала</b>	1. Геологическая карта. 2. Геологический разрез. 3. Геолого-технический наряд. 4. Схема размещения бурового оборудования. 5. Траектория многоствольной скважины 6. Схемы расчета траекторий многоствольных скважин
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Геолого-методическая часть</b>	Гаврилов Р. Ю.
<b>Социальная ответственность</b>	Немцова О. А.
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Кочеткова О. П.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бондарчук И.Б.	—		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
222В	Портнягин А.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
222В	Портнягин Артём Сергеевич

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>БС</b>
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/ специальность</b>	Технология геологической разведки

**Исходные данные к разделу «Геолого-методическая часть»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Полевые работы на разведочной стадии геологоразведочных работ
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Географо-экономические условия проведения работ	Административное положение района работ, анализ географических и климатических условий района работ, экономическая характеристика района работ.
2. Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ	Объемы и методика ранее проведенных на участке геологоразведочных работ
3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ	Геологическая, структурная, литологическая гидро- и горно-геологическая характеристики района работ
4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ	Выбор и описание методик проведения основных видов проектируемых работ
5. Методика, объемы и условия проведения буровых разведочных работ	Выбор методики проведения буровых работ, определение объемов буровых работ, анализ геолого-технических условий

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Зав. кафедрой ГРПИ	Гаврилов Р. Ю.	Кандидат геолого-минералогических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
222В	Портнягин А.С.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 222В	ФИО Портнягин Артём Сергеевич
----------------	----------------------------------

Институт	ИПР	Кафедра	БС
Уровень образования	Специалитет	Направление/ специальность	Технология геологической разведки

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Полевые работы на оценочной стадии геологоразведочных работ
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	<i>Вредные факторы:</i> – Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. – Повреждения в результате контакта с насекомыми. – Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.  <i>Опасные факторы:</i> – Движущиеся машины и механизмы различного оборудования. – Давление в пневмосистеме. – Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов и труб. – Поражение электрическим током.
<b>2. Экологическая безопасность</b>	– Уничтожение и повреждение почвенного слоя. – Загрязнение почвы. – Усиление эрозионной опасности. – Уничтожение растительности. – Лесные пожары. – Загрязнение подземных вод
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	– Пожары.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	– Специальные правовые нормы трудового законодательства. – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
222В	Портнягин А.С.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
222В	Портнягин Артём Сергеевич

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	Бурения скважин
<b>Уровень образования</b>	Специалитет	<b>Направление/специальность</b>	Технология геологической разведки

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Рассчитать сметную стоимость проектируемых геологоразведочных работ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе геологоразведочных работ</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Свод видов и объемов геологоразведочных работ</i>
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Сформировать календарный план выполнения работ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель	Кочеткова О. П.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
222В	Портнягин А.С.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Разрабатывать технологические процессы на всех стадиях геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых, внедрять и эксплуатировать высокотехнологическое оборудование
P2	Ответственно использовать инновационные методы, средства, технологии в практической деятельности, следуя принципам эффективности и безопасности технологических процессов в глобальном, экономическом, экологическом и социальном контексте
P3	Применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей документации на проведение геологической разведки и осуществления проектов
P4	Определять, систематизировать и получать необходимые данные с использованием современных методов, средств, технологий в инженерной практике
P5	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов на основе современных методов моделирования
P6	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой для решения профессиональных инновационных задач в соответствии с требованиями корпоративной культуры предприятия и толерантности
	Проводить маркетинговые исследования и разрабатывать предложения по повышению эффективности использования производственных и природных ресурсов с учетом современных принципов производственного менеджмента, осуществлять контроль технологических процессов геологической разведки и разработки месторождений полезных ископаемых
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Идентифицировать, формулировать, решать и оформлять профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ .....	14
ESSAY .....	16
ВВЕДЕНИЕ.....	18
1. ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	19
1.1. Географо-экономические условия проведения работ .....	19
1.1.1. Административное положение объекта работ .....	19
1.1.2. Рельеф .....	20
1.1.3. Климат.....	20
1.1.4. Растительность. Животный мир.....	21
1.1.5. Гидросеть .....	21
1.1.6. Экономическая характеристика района работ .....	21
1.1.7. Пути сообщения .....	22
1.2 Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ .....	23
1.3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ .....	24
1.3.1. Геолого-структурная характеристика.....	24
1.3.1.1. Литологическая характеристика района работ .....	24
1.3.1.2 Структура (тектоника) объекта .....	27
1.3.1.3 Полезные ископаемые .....	28
1.3.2 Гидрогеологическая характеристика района работ.....	29
1.4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ .....	29
1.4.1. Геологические задачи и методы их решения.....	29
1.4.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ.....	30
1.4.2.1. Геолого-съёмочные работы .....	30
1.4.2.2. Геофизические исследования в скважинах .....	31
1.4.2.3. Опробовательские работы по керну .....	31
1.5. Методика, объемы и условия проведения буровых работ .....	33
1.5.1. Методика проведения буровых работ .....	33

1.5.2. Геолого-технические условия бурения скважин, .....	35
2. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЫХ РАБОТ ...	36
2.1. Критический анализ техники, технологии и организации буровых работ на предыдущих этапах разведки месторождения .....	36
2.2. Выбор способа бурения скважин и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении .....	36
2.3. Разработка типовых конструкций скважин .....	38
2.3.1. Определение конечного диаметра скважин .....	39
2.3.2. Определение интервалов осложнений и выбор мероприятий по их предупреждению .....	41
2.4. Выбор буровой установки и бурильных труб.....	42
2.4.1. Выбор бурильных труб.....	45
2.4.2. Буровой насос.....	47
2.4.3. Буровая вышка (мачта). Буровое здание .....	47
2.5. Выбор технологического бурового инструмента и расчет технологических режимных параметров бурения.....	49
2.5.1. Проходка горных пород .....	49
2.5.2. Технология бурения по полезному ископаемому .....	52
2.5.3. Техника и технология направленного бурения скважин.....	53
2.5.3.1. Расчет и построение траектории многоствольной скважины .	55
2.5.3.2. Выбор способа резки бокового ствола.....	61
2.5.3.3. Технологический цикл сооружения дополнительных стволов .....	63
2.5.3.4. Экономическое обоснование бурения многоствольных скважин .....	66
2.5.4. Обеспечение свойств очистного агента в процессе бурения .....	73
2.6. Реализация намеченных мероприятий по закреплению стенок скважины.....	76
2.7. Проверочные расчеты бурового оборудования .....	77

2.7.1. Определение затрат мощности для привода силовой кинематики станка.....	77
2.7.2. Расчет мощности привода насоса .....	81
2.7.3. Проверочные расчеты грузоподъемности мачты .....	82
2.7.4. Проверочный расчет бурильных труб на прочность .....	87
2.8. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин. ....	90
2.9. Выбор источника энергии.....	95
2.10. Механизация спускоподъемных операций .....	96
2.11. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры .....	97
2.12. Монтаж и демонтаж бурового и силового оборудования .....	97
2.13. Ликвидация скважины.....	98
3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	99
3.1. Введение .....	99
3.2. Производственная безопасность .....	99
3.2.1. Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению .	101
3.2.2. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению .	105
3.3. Экологическая безопасность .....	111
3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	114
3.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	116
3.5.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства ..	116
3.5.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	117
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ПОДСОБНЫЕ ЦЕХА.....	118
4.1. Организация ремонтной службы.....	118
4.2. Организация энергосбережения .....	118

4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов .....	119
4.4. Транспортный цех.....	119
4.5. Связь и диспетчерская служба .....	120
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ МНОГОСТВОЛЬНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН .....	121
5.1. Задачи, решаемые с помощью бурения многоствольных скважин .....	121
5.2. Типовые профили многоствольных скважин .....	122
5.3. Методика проектирования многоствольных скважин.....	123
5.3.1. Проектирование траектории направленной скважины с учетом естественного искривления без применения средств искусственного искривления.....	125
5.3.2. Проектирование траектории направленной скважины без учета естественного искривления с применением средств искусственного искривления.....	125
5.3.3. Проектирование траектории направленной скважины с учетом естественного искривления и применением средств искусственного искривления.....	127
5.3.4. Проектирование траектории многоствольной плоскоискривленной скважины без учета естественного искривления .....	129
5.3.5. Проектирование траектории многоствольной плоскоискривленной скважины с учетом естественного искривления .....	131
5.3.6. Проектирование траектории многоствольной пространственно-искривленной скважины .....	133
5.4. Обоснование рациональности бурения многоствольных скважин .....	136

6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	138
6. 1. Организационно-экономическая характеристика предприятия	138
6.2. Техничко-экономическое обоснование выполнения проектируемых работ .....	139
6.2.1. Технический план .....	139
6.2.2. Расчет затрат времени, труда по видам работ .....	140
6.2.3. Расчет производительности труда, количества бригад (отрядов, групп и т. д.), продолжительности выполнения отдельных работ ....	145
6.3. Расчет сметной стоимости работ.....	146
6.3.1. Сметно-финансовый расчет затрат .....	146
6.3.2. Общая сметная стоимость геологоразведочных работ .....	148
6.4. Организация, планирование и управление буровыми работами	150
6.4.1. Календарный план .....	151
6.4.2. Финансовый план.....	151
6.4.3. Стимулирование труда.....	152
6.4.4. Стратегия развития предприятия .....	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	154
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	155

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 156 страниц, 16 рисунков, 32 таблицы, 19 источников, 6 графических приложений.

Ключевые слова: месторождение Ёлкинское, медно-никелевые руды, ПБУ-1200, снаряд со съемным керноприемником.

Объектом исследования является Ёлкинское месторождение сульфидных медно-никелевых руд (Воронежская область).

Цель данной работы – геологическое изучение объекта; разработка технологии проведения работ на объекте; рассмотрение возможности применения технологии бурения многоствольных скважин.

В процессе разработки проводились подбор техники и технологии сооружения скважин в пределах данного объекта; проверочные расчеты бурового оборудования; анализы вредных и опасных факторов при проведении разведочных работ и меры по их предупреждению; сметно-финансовые расчеты.

В результате проектирования был произведен подбор бурового оборудования для разведки данного месторождения, удовлетворяющий всем требованиям; был произведен анализ всех вредных и опасных факторов при геологоразведочных работах в пределах данного объекта; произведены сметно-финансовые расчеты по данному объекту.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в проекте предоставляется полное описание буровой установки ПБУ-1200 и ее укомплектованности; приведены технические характеристики каждой составляющей единицы буровой установки и буровой установки в целом; на основании технических характеристик бурового оборудования, произведены проверочные расчеты бурового оборудования и расчеты режимных параметров бурения; на основании расчетов был произведен подбор породоразрушающего инструмента, бурового колонкового снаряда и его составляющих.

Значимость работы: проведение разведочных работ на Ёлкинском месторождении сульфидных медно-никелевых руд с последующими утверждением категории запасов и уточнением границ залегания рудного тела.

В будущем планируется: в зависимости от характера залегания рудного тела и категории запасов начать добычу медно-никелевых руд открытым способом или с помощью подземных выработок.

## ESSAY

The final qualifying work contains 156 pages, 16 drawings, 32 tables, 19 sources, 6 graphic applications.

Key words: Yolkinskoye deposit, copper-nickel ores, PBU-1200, shell with a removable core receiver.

The object of the study is the Yolkinskoye deposit of sulphide copper-nickel ores (Voronezh region).

The purpose of this work is geological study of the object; the development of technology for conducting work at the facility; Consideration of the possibility of using the technology of drilling multi-barrel wells.

In the course of development, the technology and technology of well construction within the given object were selected; Verification calculations of drilling equipment; Analysis of harmful and dangerous factors in the conduct of exploration work and measures to prevent them; Estimate and financial calculations.

As a result of the design, the drilling equipment was selected for the exploration of this field, satisfying all the requirements; The analysis of all harmful and dangerous factors was carried out at geological prospecting works within the given object; Estimated and financial calculations were made for this object.

The main design, technological and technical and operational characteristics: the project provides a complete description of the drilling rig PBU-1200 and its staffing; the technical characteristics of each constituent unit of the drilling rig and the drilling rig as a whole; on the basis of technical characteristics of the drilling equipment; verification calculations of drilling equipment and calculations of the operating parameters of drilling were made; based on the calculations, a rock-destruction tool, a drilling core shell and its components were selected.

Significance of the work: conducting exploratory work at the Yolkinskoye deposit of sulfide copper-nickel ores with subsequent approval of the category of reserves and specification of the boundaries of the occurrence of the ore body.

In the future: depending on the nature of the occurrence of the ore body and the category of reserves, to start the extraction of copper-nickel ores by the open method or by underground excavations.

## ВВЕДЕНИЕ

Проведение геологоразведочных работ способствует решению массы общегосударственных и региональных народно-хозяйственных задач: способствует развитию инфраструктуры, промышленности, коммуникаций, поступлению валютных средств в региональный и государственный бюджеты, организации новых рабочих мест.

Целью дипломного проектирования является решение конкретной задачи при проведении геологоразведочных работ. При этом необходимо обосновать и выбрать технические средства, технологию, методику и организацию геологоразведочных работ, которые обеспечат максимально качественное изучение полезного ископаемого.

Колонковое бурение является одним из важнейших методов поисков твердых полезных ископаемых. При этом основными критериями качества буровых работ служат: получение представительных образцов керна и производительность работ в целом. Значительное влияние на эти критерии оказывает правильный выбор технологии и техники ведения работ.

В специальном вопросе дипломного проекта рассмотрены существующие методы проектирования траекторий многоствольных геологоразведочных скважин. Исходными материалами для дипломного проектирования послужили материалы производственной практики, литературные источники, действующие инструкции и указания. Первым этапом при проектировании геологоразведочных работ является составление геологического задания. Геологическое задание составляется по утвержденной форме и является основанием для разработки проекта. В геологическом задании указываются: стадия проведения работ, наименование объекта, полезное ископаемое, местоположение изучаемого месторождения, назначение работ, пространственные границы объекта, основные оценочные параметры полезного ископаемого, геологические задачи, их последовательность и основные методы решения, а также ожидаемые результаты и сроки выполнения работ.

# 1. ГЕОЛОГО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Географо-экономические условия проведения работ

### 1.1.1. Административное положение объекта работ

Ёлкинское месторождение сульфидных медно-никелевых руд находится на территории восточной части Воронежской области Новохоперского района, близ станции Елань-Колено (6 км к юго-востоку). Месторождение занимает территорию деревни Ёлка, ныне административно не существующей.

Комплекс Еланского и Ёлкинского месторождений относятся к новому, ранее неизвестному в России и за рубежом, высоконикелистому платиноидно-медно-кобальтовому типу.



Источник: [invoronezh.ru](http://invoronezh.ru)

Рисунок 1 – Административное положение района

Территориально близко к месту работ расположен Хопёрский заповедник:



Рисунок 2 – Карта-схема Хопёрского заповедника

Пункт управления геологоразведочными работами расположен в 28 км, на территории Еланского месторождения сульфидных медно-никелевых руд.

### 1.1.2. Рельеф

Донское оледенение стало важным этапом формирования современного рельефа Воронежской области. Толща льда, мощностью в несколько сотен метров, покрывала большую часть территории. В последствии, ледяной покров растаял.

### 1.1.3. Климат

Воронежская область находится в умеренном климатическом поясе. Лето относительно жаркое, а зима умеренно-холодная. Среднегодовая температура составляет около 5°C. Среднеиюльская температура составляет около 20,5°C. Среднеянварская температура около –9°C. Абсолютные температуры максимума и минимума составляют соответственно +43°C и –42°C. На собственном опыте стоит добавить, что в световой июльский день температура воздуха достигает +45°C, ветер часто меняет направление с юго-восточного на северо-западный.

Режим выпадения осадков непостоянный, но в случае проливного дождя, длящегося от нескольких десятков минут до 12 часов и более, доставка рабочих

и техники на месторождение сильно затруднена. Это так же обусловлено близким расположением системы озер, болот и поймы р. Елань.

Промерзание грунта происходит на глубину до 130 мм, многолетняя мерзлота отсутствует.

#### **1.1.4. Растительность. Животный мир**

Порядка 80% земель Воронежской области занимают черноземы – самые плодородные почвы Земли. Территория области поделена на две части – на северную (лесостепная) и южную (степная) части. В настоящее время преобладают агрокультурные ландшафты (территория пахотных угодий составляет 62,7% площади Воронежской области).

Непосредственно вблизи места проведения работ находятся обрабатываемые поля подсолнечника, бахчевых культур.

Опасность животного мира для человека представляют ядовитые змеи, тарантулы. Энцефалитной опасности не наблюдается.

#### **1.1.5. Гидросеть**

Гидросеть Новохоперского района составляют три крупные реки. Река Елань – имеет протяженность 165 км, площадь бассейна – 3630 км<sup>2</sup>, впадает в р. Савала. Савала имеет длину в 285 км, площадь бассейна – 7720 км<sup>2</sup>. В свою очередь, р. Савала впадает в р. Хопёр, имеющий протяженность в 979 км и площадь бассейна – 61100 км<sup>2</sup>.

Таким образом, пойменная низменность имеет высокий процент заболоченности территории.

#### **1.1.6. Экономическая характеристика района работ**

По структуре хозяйства Воронежская область индустриально-аграрная. В составе промышленности преобладают электроэнергетика, машиностроение, химическая индустрия и отрасли по переработке сельскохозяйственного сырья. На них приходится около 80% общего объема выпускаемой промышленной

продукции. Отраслью специализации региона является пищевая промышленность (27%), второе занимает машиностроение и металлообработка (23%), третье место – электроэнергетика.

На базе разведанного минерального сырья в области работает ряд предприятий: ОАО «Павловск неруд» ОАО «Воронежское радиоуправление», Семилукский и Воронежский комбинаты стройматериалов, холдинг «Евроцемент групп», ЗАО «Копанищенский комбинат стройматериалов», «Журавский охровый завод» и другие. В области идет освоение подземных минеральных вод.

### **1.1.7. Пути сообщения**

Транспортировка вахт от базы до месторождения выполнялась на автомобиле ГАЗ-33081, расстояние составляет 28 км, время езды – 40 минут.



Рисунок 3 – ГАЗ-33081 (пассажирский)

Транспортировка грузов и доставка технической воды осуществляется грузовыми машинами типа УРАЛ-4320. Перевозка саней со снарядами осуществляется при помощи бульдозера Б10М ЧТЗ.



Рисунок 4 – Спецтехника, используемая в работе

## 1.2 Обзор ранее проведенных геологоразведочных работ

Первое полевое знакомство Михаила Николаевича Годлевского, куратора Министерства геологии СССР по цветным металлам, с геологией и геологами Воронежского региона состоялось летом 1961 года. Именно он был в числе первых, кто обратил серьезное внимание на перспективность Воронежского кристаллического массива.

В 1960-ые годы в Воронежской области было открыто пять платиноидно-медно-никелевых месторождений – Нижнемамонское, Подколодновское, Юбилейное, Еланское и Ёлкинское.

После открытия Еланского рудопроявления (1976 г.) Придонской КГРЭ вновь начаты общие поиски рудных объектов еланского типа. В это же время (1980-1986 гг.) проводились разведочные работы на Еланском и выявленном Ёлкинском рудопроявлениях и оценены ресурсы и запасы благороднометалльных медно-никелевых руд и их технологические свойства.

Еланское и Ёлкинское месторождения – последние крупные медно-никелевые месторождения на территории Европы. В конце мая 2012 г. конкурсная комиссия Роснедр признала победителем в конкурсе на право разработки Еланского и Елкинского медно-никелевых месторождений Уральскую горно-металлургическую компанию (УГМК), хотя основным претендентом на данное месторождение считался «Норникель».

### 1.3. Геологическая характеристика объекта геологоразведочных работ

#### 1.3.1. Геолого-структурная характеристика

##### 1.3.1.1. Литологическая характеристика района работ

Еланское и Ёлкинское месторождения относятся к высоконикелистому платиноидно-медно-никелистому типу рудномагматических систем, которые входят в комплекс с ортопироксенит-норит-диоритовыми субвулканическими интрузивами. Месторождения были открыты в 1970-80-х годах в кристаллическом фундаменте, под мощным слоем осадочного чехла.

Многочисленные разноразмерные (от 0,3 до 50 км кв.) никеленосные тела находятся в Тамбовско-Чернышевской рифтогенной структуре, имеющей ширину до 40 км и длину свыше 700 км.

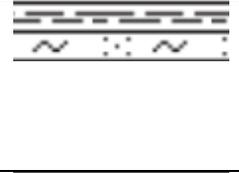
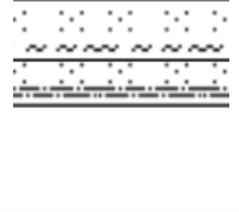
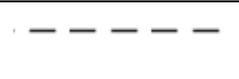
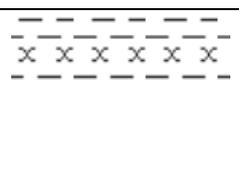
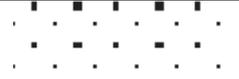
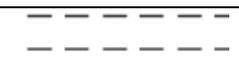
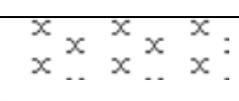
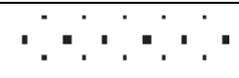
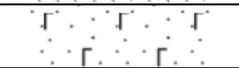
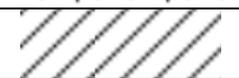
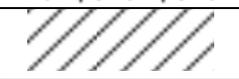
На Елкинском месторождении оруденение сосредоточено в зоне свыше 1 км, где богатые руды образуют рудную залежь мощностью до 40 м и протяженностью более 500 м.

Рыхлые отложения представлены неогеновой и четвертичными системами.

Литологическая характеристика скважины №1605 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Литологическая характеристика скважины №1605

Обозначение	Интервал, м			Горные породы (краткие названия)
	от	до	Мощность	
	0,0	3,0	3,0	Суглинки с галькой
	3,0	35,0	32,0	Песок мелкозернистый с прослоями глин
	35,0	54,0	19,0	Пески с прослоями глин
	54,0	58,0	4,0	Песчаники, алевроиты

	58,0	86,3	28,3	Чередование алевролитов, аргиллитов, аргиллитоподобных глин, песчаников
	86,3	131,3	45,0	Неритмичное чередование алевролитов, оолитовых песчаников, аргиллитоподобных глин, песчаников кварцевых тонкозернистых
	131,3	136,5	5,2	Аргиллиты табачно-зеленой окраски
	136,5	165,5	29,0	Аргиллиты с прослоями известняков, в основании слоя песчаники мелкозернистые, слабослюдистые
	165,5	181,5	16,0	Аргиллиты среднеплитчатые
	181,5	188,5	7,0	Песчаники мелкозернистые, слабослюдистые
	188,5	198,2	9,7	Аргиллиты табачно-зеленой окраски
	198,2	213,0	14,8	Известняки серые, окремнелые, песчаники кварцполевошпатовые
	213,0	224,0	11,0	Песчаники мелко-крупнозернистые
	224,0	230,0	6,0	Кора выветривания по норитам
	230	304,0	74,0	Нориты минерализованные
	304,0	388,0	84,0	Диориты
	388,0	394,0	6,0	Нориты мелкозернистые
	394,0	554,0	160,0	Диориты
	554,0	654,0	100,0	Нориты минерализованные
	654,0	667,0	13,0	<b>Рудное тело №1</b>
	667,0	682,0	15,0	Нориты минерализованные
	682,0	746,0	64,0	<b>Рудное тело №1</b>
	746,0	774,0	28,0	Нориты минерализованные
	774	800,0	26,0	Нориты мелкозернистые

В таблице 2 показана стратиграфическая характеристика скважины №1605 Елкинского месторождения.

Таблица 2 – Стратиграфическая характеристика скважины № 1605

Глубина залегания, м			Стратиграфическое подразделение, индекс
от (кровля)	до (подошва)	Мощность	
0,0	35,0	35,0	Q-N <sub>2</sub> <sup>3</sup>
35,0	54,0	19,0	K <sub>1</sub> <i>lt</i>
54,0	58,0	4,0	K <sub>1</sub> <i>sv</i>
58,0	86,3	28,3	D <sub>3</sub> <i>cp</i>
86,3	131,3	45,0	D <sub>3</sub> <i>js</i>
131,3	136,5	5,2	D <sub>2</sub> <i>ml</i>
136,5	165,5	29,0	D <sub>2</sub> <i>ar</i>
165,5	188,5	23,0	D <sub>2</sub> <i>vb</i>
188,5	198,2	9,7	D <sub>2</sub> <i>cr</i>
198,2	224,0	25,8	D <sub>2</sub> <i>ms</i>
224,0	800,0	576	PR <sub>1</sub> <sup>2</sup> <i>el</i>

Геологическая карта и геологический разрез проектной скважины Елкинского месторождения представлены в графических приложениях 1 и 2.

### 1.3.1.2 Структура (тектоника) объекта

Различные по мощности и протяженности рудоносные зоны еланского типа месторождений, сопровождающиеся различными по составу жильными образованиями (ортопироксениты, норит-порфириды, роговообманковое габбро, диориты, диоритовые порфириды, грандиориты) наследуют крутопадающий характер и элементы внутреннего строения интрузивно-дайкивой колонны и сложены преимущественно вкрапленными, прожилково- и гнездово-вкрапленными рудами с маломощными (0,2...2,5 м, иногда до 3...5 м) жилами массивных и брекчиевидных (0,2...1,0 м) руд.

В этой длительно развивающейся рудномагматической системе жильные ортопироксениты являлись наиболее ранней, предшествующей норит (2065±15 млн. лет) – диоритовой (2050±14 млн. лет) породной ассоциации, фазой. В пределах ранее консолидированного сложнодифференцированного Елань-Коленовского плутона (2090±11 млн. лет - 2080±10 млн. лет) мамоновского комплекса ортопироксениты слагают ряд самостоятельных дайковых тел, сопровождающихся разномасштабным сульфидным платиноидно-медно-никелевым оруденением.

Роговообманковое габбро относится к числу ограниченно распространенных пород еланского типа месторождений и представляет собой внутриинтрузивную жильную фацию, характеризуюсь отчетливо секущими и лишь иногда постепенными переходами с меланократовыми разновидностями норитов. Появление в них разномасштабного богатого по содержанию Ni, Cu и отчасти Co и ЭПГ сульфидного медно-никелевого оруденения связано, обычно, в случае их пространственного сонахождения с зонами рудоносных норитов.

Пространственно-временная и генетическая взаимосвязь жильных норит-порфиридов преимущественно с порфиридными и в целом с малорудными норитами определяет невысокое содержание в них сульфидной вкрапленности. При общем рассеянно-вкрапленном типе минерализации распределение рудных минералов в норит-порфиридах заметно отличается от рудоносных норитов.

### 1.3.1.3 Полезные ископаемые

Сульфидные платиноидно-медно-никелевые руды в ортопироксенитах, помимо главных (пирротин, пентландит, халькопирит, хромшпинелиды, магнетит), характеризуются широким комплексом второстепенных (графит, макинавит, молибденит, ильменит, кубанит, пирит, марказит) и редких (кобальтин, никелин, сфалерит, галенит, миллерит, халькозин, золото, виоларит и др.) минералов при существенной роли среди них арсенидов и сульфоарсенидов Ni и Co.

Минеральный состав медно-никелевого оруденения в роговообманковых габбро характеризуется значительными чертами сходства с рудами в норитах еланского типа месторождений. Наряду с количественно преобладающими пирротином, пентландитом и халькопиритом в них в различных количествах присутствуют арсениды и сульфоарсениды Ni и Co, макинавит, хромшпинелиды, графит, ильменит, сфалерит и реже теллуровисмутит, аргентопентландит. Особенностью руд, ассоциирующих с роговообманковыми габбро, является высокое содержание в них пентландита (иногда до 40...55 об. %), а также сульфоарсенидов Ni и Co (до 4...6 %), повышенные количества (до 16%) халькопирита и пониженные хромшпинелидов.

Для жильных норит-порфиритов, развитых среди рудоносных норитов, характерно тесное совмещение халькопирит-пентландит-пирротинового и арсенид-сульфоарсенидного (арсенопирит, никелин, кобальтин, минералы ряда кобальтин-герсдорфит, данаит) минеральных парагенезисов, а также спорадические находения в их составе молибденита, галенита, сфалерита.

### 1.3.2 Гидрогеологическая характеристика района работ

В таблице 3 представлена информация о водоносности интервалов скважины.

Таблица 3 – Водоносность по разрезу скважины №1605

Индекс стратиграфического подразделения	Интервал		Тип коллектора	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Ожидаемый дебит, м <sup>3</sup> /сут	Тип воды по Сулину
	от	до				
Q – K <sub>1</sub> lt	0	54	Поровый	1,01	до 50,0	хлоридно-кальциевые
D <sub>2</sub> vb	181,5	188,5	Поровый	1,01	до 40,0	хлоридно-кальциевые

### 1.4. Методика проведения проектируемых геологоразведочных работ

#### 1.4.1. Геологические задачи и методы их решения

Основные геологические задачи:

1) Провести промышленную типизацию сульфидных медно-никелевых руд Ёлкинского месторождения с выделением наиболее перспективных типов для освоения.

2) Обосновать комплекс локальных поисковых критериев и методов выявления и оконтуривания промышленных залежей в корах выветривания.

3) Выявить условия залегания, промышленные параметры залежей сульфидных медно-никелевых руд с применением буровых работ, горных работ впоследствии.

4) Локализовать и оценить в пределах перспективных участков и рудных тел прогнозные ресурсы категории P<sub>1</sub> и запасы категории C<sub>2</sub>.

5) Провести лабораторно-технологические исследования по обогащению промышленно перспективных типов руд.

6) Подготовить ТЭД о промышленной ценности участка недр и проекта временных кондиций с учетом требований к охране окружающей среды и рациональной организации производства.

7) Подготовить рекомендации по направлению дальнейших работ и лицензированию участков недр.

8) Апробировать запасы категории  $C_2$  и прогнозные ресурсы категории  $P_1$  в установленном порядке.

Основные методы решения геологических задач:

- 1) Систематизация геолого-геофизической, геохимической информации.
- 2) Буровые работы.
- 3) Геофизические исследования в скважинах.
- 4) Лабораторные и технологические исследования.
- 5) Камеральные работы

#### **1.4.2. Перечень проектируемых геологоразведочных видов работ**

Исходя из поставленных задач, в перечень проектируемых работ входят следующие виды работ:

- геолого-съёмочные работы;
- буровые работы;
- геофизические исследования в скважинах;
- опробовательские работы по керну.

##### **1.4.2.1. Геолого-съёмочные работы**

Геологическая съёмка, имеющая целью составление геологической карты, в то же время является и процессом площадного обследования для выявления полезных ископаемых. В каждом геолого-съёмочном маршруте постоянно выполняются наблюдения по обнаружению проявлений полезных ископаемых в добываемых образцах керна и их признаков.

### **1.4.2.2. Геофизические исследования в скважинах**

Геофизические методы исследования будут применяться для:

- повышения качества геологической документации разведочных выработок и скважин в процессе их геологического картирования;
- получения дополнительных гидрогеологических и инженерно-геологических сведений.

Проектом планируются геофизические методы, предназначенные для контроля технического состояния скважин. Они включают в себя инклинометрию и кавернометрию. С помощью инклинометрии скважин определяются углы отклонения оси скважины от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости разведочного разреза (азимутальное искривление). Измерение зенитных и азимутальных углов производится во всех скважинах с периодичностью углубки в 100 м. Кавернометрия проводится для определения фактических диаметров скважин. Изменение диаметров скважин связано с обрушением их стенок на участках неустойчивых пород, либо с набуханием пород под воздействием бурового раствора (глины).

### **1.4.2.3. Опробовательские работы по керну**

Данная операция производится по рудным зонам и окружающим их вмещающим горным породам как висячего, так и лежачего боков. Длина пробы зависит от мощности рудного тела и составляет в среднем 1,0...1,5 м. При меньшей мощности рудного тела (рудной зоны) длина пробы будет соответственно меньше. При больших мощностях рудных тел и однородности руды она может быть увеличена до 2...3 м, в редких случаях – до 5 м. Увеличение длины керновой пробы должно быть обосновано предварительным опробованием более короткими интервалами (до 1 м). Минимальная длина пробы по керну обычно не бывает менее 25 см.

При возможности выделения в составе рудного тела (рудной зоны) разных сортов руды опробование производится по интервалам,

соответствующим участкам рудного тела, сложенным рудой разных сортов, то есть секционными пробами, описанными выше.

Вмещающие породы лежачего и висячего боков опробуются самостоятельными пробами длиной, обеспечивающей ограничение контура (оконтуривание) рудного тела. Непосредственно на контакте с визуально выделенной рудой отбираются пробы длиной по 0,25...0,5 м, а далее могут быть отобраны более удлиненные пробы (до 1 м). Схема отбора проб вырабатывается на основании визуального изучения разреза и результатов минералогико-химических исследований по ранее опробованным интервалам этого рудного тела или аналогичных рудных тел изучаемого рудного поля (месторождения).

В пробу по керну отбирается половина столбика керна, раскалываемого пополам вдоль длинной оси с таким расчётом, чтобы в неё вошла зеркальная половина керна. Это особенно важно при наклонном положении рудных жил и прожилков или при наклонном залегании вмещающих горных пород.

Раскалывание керна производится с помощью ручного или механического прибора, называемого керноколом. При крепких и очень крепких породах, если они не могут разубожиться при промывке водой, для разделения керна можно применять твёрдосплавные или алмазные пилы (диски). В таком случае необходимо провести контрольные анализы по расколотым и распиленным образцам руды и вмещающих её пород. В случае отсутствия разубоживания или, возможно, обогащения руды в процессе распиловки, этот наиболее производительный и современный способ является более предпочтительным.

Опробование керна сопровождается детальной зарисовкой места отбора пробы и подробным описанием опробованного интервала с выделением секций проб по сортам или типам руд.

В процессе бурения часть рудной зоны разбуривается (разрушается буровым инструментом), истирается и превращается в шлам, выносимый из ствола скважины вместе с промывочной жидкостью. При выходе керна по рудным интервалам менее предусмотренного проектным заданием (обычно

менее 70%) дополнением к материалу керновых проб может служить рудный шлам. Отбор проб шлама необходимо производить также в тех случаях, когда в процессе бурения происходит систематическое обогащение или разубоживание рудного керна за счёт его избирательного истирания. При низком выходе рудного керна применяется бурение без промывки или более короткими рейсами.

Отбор проб шлама производится с тех же интервалов, что и проб керна. Он (шлам) осаждается или улавливается специальными шламовыми трубами и устройствами в виде желобов с перегородками и чанов. После просушивания и взвешивания шлам дробится, истирается и отправляется на исследование химическим, минералогическим, спектральным или каким-либо другим методом

## **1.5. Методика, объемы и условия проведения буровых работ**

### **1.5.1. Методика проведения буровых работ**

Предусматривается бурение однотипных скважин – наклонных колонкового бурения для вскрытия и подсечения рудных тел.

Бурение наклонных скважин будет проводиться буровой установкой ПБУ-1200 и комплексом ССК-76 с применением стационарного клина-отклонителя с целью подсечения рудных тел на глубине интервала 650...750 м под углом 65°, определения качественных и количественных характеристик руд. Скважины будут проходить по трем профилям (I, II, III), простирающиеся с юга на север. Количество – шесть, при средней глубине бурения 1000 м.

Бурение наклонных скважин в сложных геологических условиях по трещиноватым минерализованным норитам и диоритам с более чем 90 %-ным выходом керна. Скважинами предусмотрено перебурить рудные тела на полную мощность с углубкой во вмещающие породы на 50 м. Начальный диаметр бурения 132 мм, основной диаметр 76 мм (исходя из категории пород по буримости и выхода керна). По окончании бурения скважины и извлечения из нее обсадных труб будет произведен ликвидационный тампонаж цементным

раствором. Места заложения скважин будут уточняться по результатам полевых геологических и геофизических работ.

Таблица 4 – Проходка наклонных скважин на Ёлкинском месторождении

№ п/п	№ профиля	№ скважины	Глубина, м	Цель бурения скважины
1	I	C1605	800	Пересечение рудного тела
2		C1606	750	Пересечение рудного тела
3	II	C1608	910	Пересечение рудного тела
4		C1609	850	Пересечение рудного тела
5	III	C1610	1250	Пересечение рудного тела
6		C1611	1200	Пересечение рудного тела

На Ёлкинском месторождении сульфидное платиноидно-медно-никелевое оруденение, установленное в северо-западной части кольцевого норит-диоритового тела, сконцентрировано в протяженной (свыше 1000 м) зоне, в которой крутопадающее линзовидное рудное тело мощностью от 2 до 42 м прослежено до глубины 1500 м.

Таблица 5 – Содержание рудообразующих элементов (в масс. %) в сульфидных никелевых рудах Ёлкинского месторождения

Типы руд	N	S	Ni	Co	Cu	S/Ni	Ni/Cu	Ni/Co	$\frac{S}{Ni + Cu + Co}$
Вкрапленные	17	4,37	0,41	0,02	0,06	10,6	6,9	20,5	8,9
		5,5	0,42	0,03	0,06	9,25	222,3	14,37	
Гнездово-вкрапленные	5	24,5	1,35	0,11	0,33	15,9	4,1	12,3	12,0
		2,74	0,31	0,05	0,16	3,2	3,8	25,5	
Массивные	4	24,4	2,5	0,09	0,07	9,5	36,5	28,4	9,0
		1,8	1,4	0,05	0,05	4,6	816	2550	

Исходя из морфологии и внутреннего строения рудного тела, месторождение относится ко второй группе сложности строения. Разведка месторождения происходила на Стадии 4, что подразумевает оценку запасов категорий С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> с детализацией до категории А и В, скважины располагаются через 100 м друг от друга согласно разведочной сети (рекомендации ГКЗ).

### 1.5.2. Геолого-технические условия бурения скважин,

Для того чтобы максимально эффективно осуществлять бурение скважин необходимо знать физико-механические свойства горных пород, а также их поведение при разрушении. Эти сведения нужны для выбора бурового оборудования, ПРИ, режимных параметров бурения. Следовательно, при проектировании скважины важно определить особенности геологического строения месторождения, усреднённый геологический разрез приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Усредненный геологический разрез

Породы	Глубина подошвы	Категория пород по буримости	Мощность слоя
Суглинки, пески с прослоями глин	55	II-III	55
Песчаники, аргиллиты	200	V-VI	145
Известняки, песчаники крупнозернистые	225	VII	25
Нориты минерализованные, диориты	650	IX	425
Рудное тело	665	IX	5
Нориты минерализованные	680	IX	15
Рудное тело	745	IX	65
Нориты минерализованные	800	IX	55

## **2. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ БУРОВЫХ РАБОТ**

### **2.1. Критический анализ техники, технологии и организации буровых работ на предыдущих этапах разведки месторождения**

На этапе поисков было пройдено несколько десятков скважин. Сооружение скважин осуществлялось передвижными буровыми установками, оснащенными станками СКБ-4 и СКБ-5, смонтированными вместе со зданием, электроснабжение осуществлялось от передвижной дизельной электростанции. В качестве промывочной жидкости использовался глинистый раствор, приготавливаемый на месте бурения. Применяемое отечественное оборудование позволяло получать выход керна 65...80%, что не всегда было достаточно для проведения полноценных геологических исследований.

### **2.2. Выбор способа бурения скважин и способа удаления продуктов разрушения пород при бурении**

Основные факторы при выборе способа бурения, оборудования и всех технических средств – геологические условия бурения (физико-механические свойства пород, наличие в разрезе зон осложнений, степени интенсивности водопритоков), глубина, диаметр и профиль скважины, географические условия размещения объекта разведки.

Выбрать способ бурения можно также на основании анализа статистического материала по ранее пробуренным скважинами. Если на данном объекте ранее не бурили ни одной скважины, способ бурения выбирают с учетом информации и опыта бурения по другим районам с аналогичными геологическими условиями.

В настоящее время основной объем разведочного колонкового бурения выполняется вращательным способом при помощи твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента. Исходя из того, что глубина разведочных скважин варьируется от 300 м до 1250 м, в процессе сооружения скважин ведется

добыча керна, способ бурения остается таким же, как и на предыдущих этапах разведки – вращательный способ.

При гидравлическом способе очистке забоя скважины (промывке скважин) в качестве промывочных жидкостей применяются: техническая вода и специальные растворы (глинистые или безглинистые, солевые).

При вращательном бурении скважин в слабоустойчивых породах чаще всего используют глинистые растворы, применение которых обеспечивает:

- закрепление пород в стенках скважин за счет их глинизации и создания повышенного гидростатического давления;
- временную изоляцию водоносных пластов;
- удержание частиц выбуренных пород во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции жидкости;
- уменьшение потерь жидкости при пересечении водопоглощающих горизонтов;
- улучшение условий очистки забоя и транспортировки продуктов разрушения на дневную поверхность.

При вращательном бурении с непосредственной добычей керна в монолитных породах применительно использование полимерных растворов на водной основе.

В практике бурения скважин используются три основные схемы промывки: прямая, обратная и комбинированная.

При проведении разведочных работ на Ёлкинском месторождении применяется система прямой промывки скважин (рисунок 5). Характеризуется простотой применения, но имеет ряд недостатков. К их числу можно отнести повышенный расход жидкости, особенно при бурении скважин большого диаметра, в связи с необходимостью получать достаточно большую скорость восходящего потока, обеспечивающего вынос продуктов разрушения на поверхность и увеличение возможности возникновения аварий за счет обвалов стенок скважин, сложенных неустойчивыми породами, и прихватов бурового

снаряда шламом, оседающим на забой в момент прекращения циркуляции жидкости.

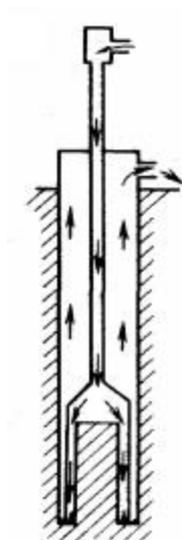


Рисунок 5 – Принципиальная схема прямой промывки скважин при бурении с отбором керна

### 2.3. Разработка типовых конструкций скважин

На рисунке 6 изображена типовая конструкция скважины, характерная для Ёлкинского месторождения (скважина №1605).

По той причине, что верхний интервал четвертичных отложений очень неустойчив и дальнейшие породы залегают неоднородно, направление рекомендуется зафиксировать на глубину 55-ти метров. Бурение под кондуктор ведется шарошечным долотом диаметром 132 мм.

Далее, для перекрытия неустойчивых пластов верхней части второго обсадного интервала и водоносных горизонтов, целесообразно опустить кондуктор на глубину не менее, чем 225 м, с последующим цементированием башмака колонны. Бурение под кондуктор осуществляется шарошечным долотом диаметром 112 мм.

Бурение с комплексом ССК-76 продолжается до конечной глубины скважины – 800 м, при этом используется ступенчатая алмазная коронка диаметром 76 мм.

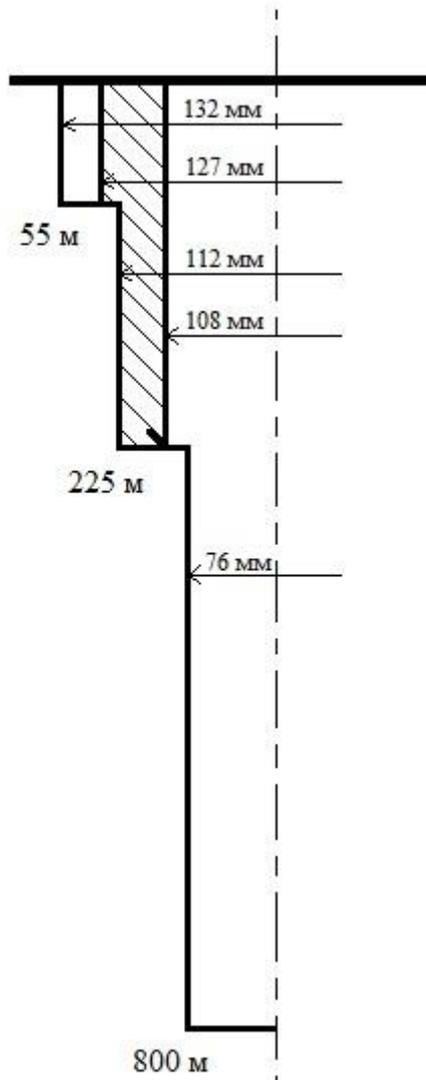


Рисунок 6 – Конструкция скважины №1605 Ёлкинского месторождения

### 2.3.1. Определение конечного диаметра скважин

Минимальный диаметр скважины выбран исходя из таблицы 7. Так как полезным ископаемым Ёлкинского месторождения является медно-никелевая руда, а это цветные металлы, то принимаем минимальный диаметр скважины 46 мм. Но так как мы должны иметь запас на случай аварии, учитывая наличие водоносных пластов и сложность буровых работ на данном геологическом разрезе, примем конечный диаметр скважины 76 мм, и, в случае прихвата или другой аварийной ситуации, мы сможем продолжить бурение инструментом с диаметром 60 мм.

Таблица 7 – Рекомендации по минимально допустимым диаметрам керна в зависимости от полезного ископаемого и характера его распределения

Группа	Характер распределения компонентов	Характеристика месторождений и полезные ископаемые	Минимально допустимый диаметр керна, мм	Диаметр ПРИ, мм
I	Весьма равномерный	Наиболее выдержанные месторождения черных металлов, химического сырья (сера, мышьяк, фосфор). Подавляющее месторождение угля и горючих сланцев	22	36
II	Неравномерный	Подавляющее большинство месторождений цветных металлов. Некоторые месторождения никеля, редких металлов, золота. Сложные месторождения полезных ископаемых группы I	22...32	36...46
III	Весьма неравномерный	Большинство месторождений редких, некоторых цветных и благородных металлов; наиболее сложные по форме и нарушенные месторождения цветных металлов, не вошедшие в группу II	32...42	46...59
IV	Крайне неравномерный	Мелкие и весьма нарушенные месторождения редких и благородных металлов с очень сложным распределением компонентов; месторождения, не вошедшие в группы I—III	42...60	59...76

### **2.3.2. Определение интервалов осложнений и выбор мероприятий по их предупреждению**

На первом этапе, при бескерновом бурении, для предотвращения осложнений будет использован буровой раствор с повышенной вязкостью и низкой водоотдачей для лучшего формирования фильтрационной корки.

При сооружении скважины будет принят ряд мер для предотвращения осложнений.

Интервал от 0 до 55 метров необходимо укрепить обсадной колонной, чтобы изолировать верхний наносный слой почвы от размывания буровым раствором, тем самым предотвратить осыпи и обвалы стенок скважины.

Интервал от 55 до 225 укрепляется обсадной колонной с целью предотвращения взаимодействия грунтовых вод и бурового раствора, которое может отрицательно повлиять на экологическую ситуацию грунтовых вод в районе проводимых работ. В этом интервале на глубине 181,5...188,5 согласно геологического разреза находится водоносный пласт, склонный к обильному обводнению скважины. Для предотвращения осложнений по всему разрезу связанных с набуханием глин необходимо использовать качественный бентонитовый буровой раствор.

## 2.4. Выбор буровой установки и бурильных труб

Буровая установка ПБУ-1200 (рисунок 7) используется при проведении геологоразведочных работах на твердые полезные ископаемые. Данная установка обеспечивает плавность проведения таких тяжелых механических операций, как спускоподъемные операции инструмента на большие глубины, его вращение. Условная глубина бурения станка ЗИФ-1200МРК (рисунок 8) составляет 2000 м при конечном диаметре скважины в 59 мм.

Передвижная буровая установка ПБУ-1200 предназначена для бурения с поверхности вертикальных и наклонных геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые колонковым способом при температурах окружающего воздуха от минус 45°С до плюс 45°С.

Установка снабжена грузоподъемной мачтой, позволяющей работать со свечами 9,5...14 м с возможностью наклонного бурения. Спускоподъемные операции производятся при помощи полуавтоматических элеваторов или кольцевыми элеваторами с работой «на вынос».

Укрытие установки, имеющее теплоизоляцию, систему отопления, воздушную завесу проемов крыши обеспечивает возможность эксплуатации ее при низких температурах окружающего воздуха, защищает обслуживающий персонал и оборудование от внешних воздействующих факторов.

Схема бурового здания приведена в приложении 4.

Таблица 8 – Технические характеристики буровой установки ПБУ-1200

Грузоподъемность на крюке, тс	18
Наибольшее тяговое усилие на крюке, тс	20
Углы бурения, град	90...80
Длина свечи, м	14
Транспортная база	Сани
<b>Буровой станок</b>	<b>ЗИФ-1200МРК</b>

Глубина бурения номинальная, м (при конечном диаметре скважины 59 мм)	2000
Диапазон углов наклона вращателя, град	80...90
Масса с электродвигателем, кг	5100
Частота вращения бурового снаряда вращателем, об/мин	85,5...820,7
Длина хода подачи, мм	600
Максимальное усилие подачи, кН	
вверх	150
вниз	120
Мощность электродвигателя, кВт	55
<b>Лебедка</b>	
Макс. грузоподъемность на прямом канате, кН	45
Скорость навивки каната на барабан, м/с	0,68; 1,24; 2,1; 2,6; 3,76; 4,68; 5,2
Тип каната	21,5-Г-1-Н-1764(180)
<b>Труборазворот</b>	<b>РТ-1200-2М</b>
Привод	Электродвигатель 4АМС100 4У3
Мощность	3,2 кВт
Максимальный крутящий момент, Н·м	400
Частота вращения, об/мин	80
Диаметр проходного отверстия, мм	205
<b>Буровой насос</b>	<b>НБ-320/10,0</b>
<b>Трубодержатель</b>	<b>ТР2-12,5</b>
Грузоподъемность, кН	125
<b>Лебедка ССК</b>	<b>Л-5(Л-5.00.000-01)</b>
Частота вращения, об/мин	134
Канатоемкость барабана (Ø6,9 мм), м	1200

Укрытие	Каркасное, металлическое, утепленное с остекленными световыми проемами	
Габаритные размеры установки (длина × ширина × высота), м	Транспортное положение	Рабочее положение
	9,0 × 3,42 × 3,95	10,2 × 3,42 × 19,55



Рисунок 7 – Буровая установка ПБУ 1200

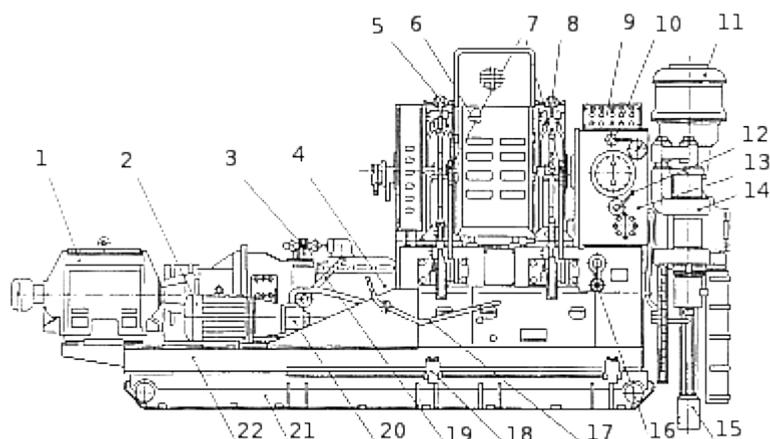


Рисунок 8 – Общий вид бурового станка ЗИФ-1200МРК:

1 – электродвигатель станка; 2 – электродвигатель маслонасоса; 3 – рукоятка переключения скоростей; 4 – коробка передач КамАЗ; 5 – тормоз спуска; 6 – лебедка; 7 – рукоятки управления тормозами; 8 – тормоз подъема; 9 – пульт электроуправления; 10 – кран управления гидропатроном; 11 – патрон пружинно-гидравлический; 12 – рукоятка управления гидроприбором; 13 – пульт гидроуправления; 14 – вращатель; 15 – нижний патрон; 16 – - рукоятка включения лебедки и вращателя; 17 – рукоятка включения сцепления; 18 – механизм закрепления; 19 – рукоятка переключения высшей и низшей передач делителя; 20 – маслонасос; 21 – рама; 22 – станина

### 2.4.1. Выбор бурильных труб

Конструкция скважины имеет две обсадных колонны (127 мм и 108 мм). Для обсадной колонны выберем трубы ниппельного соединения по ГОСТ 6238-77. Внутренние диаметры обсадных труб и исполнение ниппельных соединителей позволяют беспрепятственно свободно проходить бурильным трубам и породоразрушающему инструменту (ПРИ).

Бурение под обсадные колонны будет выполняться с помощью ТБСУ-63,5. Так как бурение будет производиться с ССК, то в дальнейшем выберем трубы ССК-76. Трубы ССК изготавливаются из легированной стали 38ХНМ со следующими механическими свойствами: предел текучести - 540 МПа; относительное удлинение - 12%.

Таблица 9 – Технические характеристики обсадных и бурильных труб

Тип труб	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, кг	Материал трубы
Трубы стальные бурильные универсальные (ТБСУ) 63,5x4,5	63,5	4,5	8,8	Сталь 362ГС
Обсадная труба Н 127x5-Д ГОСТ 6238-77	127,0	5,0	8,4	Сталь 45
Обсадная труба Н 108x5-Д ГОСТ 6238-77	108,0	5,0	5,8	Сталь 45
Бурильные трубы ССК-76	70,0	4,8	7,7	Сталь 38ХНМ

### 2.4.2. Буровой насос

Для бурения данной скважины выберем буровой насос НБ-320/10,0, его характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики насоса НБ-320/10,0

Параметры	Буровой насос НБ-320/10,0
Подача, л/мин	25; 40; 70; 125; 180; 320
Давление, МПа	3 – 10
Диаметр плунжеров (втулок), мм.	40; 80
Число плунжеров (поршней), шт.	3
Длина хода плунжера (поршня), мм.	90
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	31; 38; 80; 146; 249

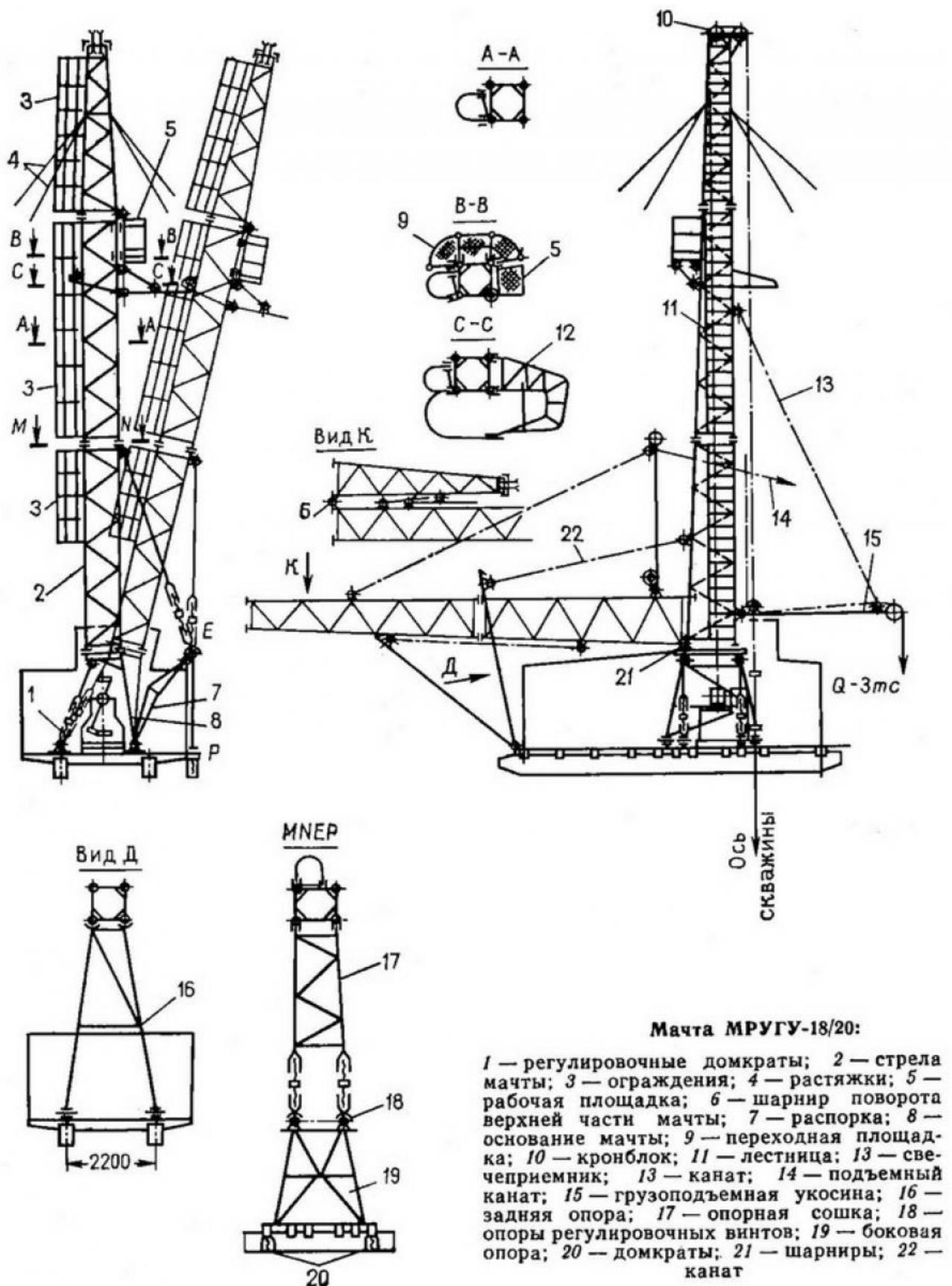
### 2.4.3. Буровая вышка (мачта). Буровое здание

Мачта МРУГУ-18/20 (рисунок 9) предназначена для производства спускоподъемных операций при бурении вертикальных и наклонных геологоразведочных скважин с применением полуавтоматических элеваторов. Мачту рекомендуется использовать при бурении скважин до 800 метров.

Конструкция мачты, ее грузоподъемность и габариты позволяют применять буровое оборудование с электрическим и дизельным приводами.

Таблица 11 – Технические характеристики буровой мачты МРУГУ-18/20

Высота мачты от основания до оси кронблоков, м	18
Грузоподъемность на крюке:	
номинальная, т	7
максимальная, т	11,2



**Мачта МРУГУ-18/20:**

- 1 — регулировочные домкраты; 2 — стрела мачты; 3 — ограждения; 4 — растяжки; 5 — рабочая площадка; 6 — шарнир поворота верхней части мачты; 7 — распорка; 8 — основание мачты; 9 — переходная площадка; 10 — кронблок; 11 — лестница; 13 — свечеприемник; 13 — канат; 14 — подъемный канат; 15 — грузоподъемная укосина; 16 — задняя опора; 17 — опорная сошка; 18 — опоры регулировочных винтов; 19 — боковая опора; 20 — домкраты; 21 — шарниры; 22 — канат

Рисунок 9 – Схема мачты МРУГУ-18/20

## 2.5. Выбор технологического бурового инструмента и расчет технологических режимных параметров бурения

### 2.5.1. Проходка горных пород

По приведенному разрезу (таблица 6) видно, что разрез имеет три однородных участка. Первый участок от 0 до 55 м (направление) будет буриться с помощью шарошечного долота III 132-М ЦВ диаметром 132 мм. Второй участок от 55 до 225 м будет буриться с помощью шарошечного долота III 112-Т ЦВ диаметром 112 мм. Последний участок будет буриться комплексом ССК-76 с коронкой КАСК-4С и расширителем Р-02.

Приведем технические характеристики долот, коронки и расширителя для дальнейших расчетов.

Таблица 12 – Характеристики породоразрушающего инструмента

Шарошечное долото		
ПРИ	Диаметр, мм	Количество шарошек, шт
Шарошечное долото III 132-М ЦВ	132	3
Шарошечное долото III 112-Т ЦВ	112	3
Коронки и расширители		
ПРИ	Диаметр (наружн/внутр), мм	Число секторов (зубьев)
Коронка алмазная четырехступенчатая КАСК-4	76/46	8
Алмазный расширитель Р-02	76,4	-

**Шарошечное долото Ш 132-М ЦВ, интервал 0...55 м, категория пород по буримости II-III.**

Осевая нагрузка на долото  $G_o$  (кН) определяется, исходя из удельной нагрузки  $C_y$ , на 1 см диаметра долота  $D_d$  (кН/см):

$$G_o = C_y \cdot D_d, \quad (1)$$

$$G_o = 2,0 \cdot 13,2 = 26,4 \text{ кН} = 2692,051 \text{ кгс.}$$

Частота вращения долота  $n$  (об/мин) рассчитывается по формуле:

$$n = 20V/D_d \quad (2)$$

$$n = \frac{20 \cdot 1,3}{0,132} = 196,9 \text{ об/мин,}$$

где  $V$  – окружная скорость долота, м/с.

Расход промывочной жидкости  $Q$  (л/мин) определяется из выражения:

$$Q = q_d \cdot D_d \quad (3)$$

$$Q = 24 \cdot 13,2 = 316,8 \text{ л/мин,}$$

где  $q_d$  – удельный расход промывочной жидкости на 1 см диаметра долота,  $\frac{\text{л/мин}}{\text{см}}$ .

**Шарошечное долото Ш 112-Т ЦВ, интервал 55...225 м, категория пород по буримости V-VII.**

Осевая нагрузка на долото  $G_o$ :

$$G_o = 3,0 \cdot 11,2 = 33,6 \text{ кН} = 3426,246 \text{ кгс.}$$

Частота вращения долота  $n$ :

$$n = \frac{20 \cdot 1,0}{0,112} = 178,57 \text{ об/мин.}$$

Расход промывочной жидкости  $Q$ :

$$Q = 22 \cdot 11,2 = 246,4 \text{ л/мин.}$$

**Коронка КАСК-4С, интервал 225...800, категория пород по буримости IX.**

Осевая нагрузка  $G_o$  на алмазную коронку рассчитывается по формуле:

$$G_0 = \alpha \cdot C_y \cdot S; \quad (4)$$

$$G_0 = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 22,98 = 12,92 \text{ кН} = 1317,47335 \text{ кгс},$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий трещиноватость и абразивность пород; для монолитных малоабразивных пород  $\alpha = 1$ , для трещиноватых и сильноабразивных  $\alpha = 0,7 - 0,8$ ;

$C_y$  – удельная нагрузка на  $1 \text{ см}^2$  рабочей площади торца коронки, кПа;

$S$  – рабочая площадь торца алмазной коронки,  $\text{см}^2$ .

$$S = \beta \cdot \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_B^2); \quad (5)$$

$$S = 0,8 \cdot 0,785 \cdot (7,6^2 - 4,6^2) = 22,98 \text{ см}^2,$$

где  $D_H$  и  $D_B$  – соответственно, наружный и внутренний диаметры коронки, см;

$\beta$  – коэффициент уменьшения площади торца коронки за счет промывочных каналов (для большинства алмазных коронок  $\beta = 0,8$ , для зубчатых –  $\beta = 0,6$ ).

Частота вращения коронки  $n$  (об/мин) рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{20 \cdot V_0}{D_c}, \quad (6)$$

где  $V_0$  – окружная скорость коронки, м/с;

$D_c = \frac{D_H + D_B}{2}$  – средний размер коронки, м.

$$D_c = \frac{D_H + D_B}{2} \quad (7)$$

$$D_c = \frac{0,076 + 0,046}{2} = 0,061 \text{ м};$$

$$n = \frac{20 \cdot 2,5}{0,061} = 819 \text{ об/мин.}$$

Расчет количества подаваемой на забой скважины промывочной жидкости  $Q$  (л/мин) производится по формуле:

$$Q = k \cdot q_T \cdot D_H; \quad (8)$$

$$Q = 1,4 \cdot 10 \cdot 7,6 = 106,4 \text{ л/мин},$$

где  $D_H$  – наружный диаметр коронки, см;

$q_T$  – удельное количество подаваемой жидкости, л/мин на 1 см наружного диаметра  $D_H$  алмазной коронки;

$k$  – коэффициент, учитывающий абразивность и трещиноватость горных пород (для монолитных и малоабразивных пород  $k = 1$ , для абразивных и сильноабразивных пород  $k = 1.3 – 1.4$ ).

Сведем все полученные данные в одну таблицу.

Таблица 13 – Данные расчета режимных параметров бурения

№ п/п	Интервал, м	Порода	Тип ПРИ	Диаметр коронки $D_n$ , мм	Осевая нагрузка, кН			Частота, об/мин			Расход ПЖ, л/мин		
					удельная $C_y$	расчетная $G_0$	уточненная $G_0$	окружная $V$ м/с	расчетная $n$	уточненная $n$	фт, л/мин на 1 см $D_n$	расчетная	уточненная $Q$
1	0...55	II... III	ДШ III 132-М ЦВ	132	2,0	26,4	26	1,3	196	231	24	316	320
2	55...225	V... VII	ДШ III 112-Т ЦВ	112	3,0	33,6	34	1,0	178	231	22	246	320
3	225...800	IX	КАСК -4С	76	0,75	12,9	13	2,5	819	820	10	106	125

Необходимо иметь в виду, что уточненные параметры расхода промывочной жидкости, которые превышают рекомендованные, поддаются регулировке с помощью линии сброса и ослаблению предохранительного клапана. Корректировку проводить в совокупности с расходомером для достижения оптимальных значений расхода промывочной жидкости.

### 2.5.2. Технология бурения по полезному ископаемому

Начинать дохождение до забоя следует только после посадки керноприемника на опорное кольцо колонкового набора. В начале каждого цикла для обеспечения нормального входа керна в кернорватель первые 3...5 см следует бурить на пониженной нагрузке на коронку (на 25...30 % ниже обычно применяемой).

Режим бурения следует выбирать для достижения максимальной механической скорости бурения и проходки за цикл и обеспечения высокого выхода керна в конкретных геолого-технических условиях.

Высокопрочная сбалансированная бурильная колонна и небольшие зазоры между ней и стенками скважины позволяют вести бурение на максимально высоких скоростях вращения снаряда, лимитируемых только мощностью привода бурового станка. Снижать частоту вращения снаряда рекомендуется только в случаях, когда высокая частота вращения приводит к снижению проходки за цикл и выходу керна (что может быть при бурении сильнотрещиноватых пород), возникновении сильной вибрации бурильной колонны, наличии каверн или резких искривлений скважины, что может привести к поломке бурильной колонны.

В процессе бурения необходимо особенно внимательно следить за показаниями манометра бурового насоса. Резкое увеличение давления указывает на срабатывание сигнализатора самозаклинивания керна. В этом случае следует немедленно прекратить бурение, выключить насос и извлечь керноприемник из скважины. Запрещается повышать осевую нагрузку для ликвидации самозаклинивания керна, так как это может привести к снижению выхода керна, повреждению керноприемной трубы и прижогу коронки.

Усилие срабатывания сигнализатора зависит от способа установки резиновых манжет: при бурении твердых пород резиновые манжеты чередуются со стальными шайбами, при бурении слабых пород манжеты устанавливаются рядом.

Запрещается использовать съемный керноприемник без манжет сигнализатора во избежание повреждения керноприемной трубы и снижения выхода керна.

### **2.5.3. Техника и технология направленного бурения скважин**

Стволы скважин при бурении любым способом не остаются прямолинейными, а приобретают изогнутую в одной плоскости или в

пространстве форму, отклоняясь от первоначально заданного направления. Процесс, в результате которого изменяется направление скважины или ее траектория в пространстве, называется искривлением скважины.

В случае сооружения проектной скважины необходимо учитывать постановку буровой установки, заданный наклон шпинделя бурового станка относительно горизонтальной поверхности, величину естественного искривления на всем интервале бурения, величину угла встречи оси скважины с рудным телом.

Зенитный угол основного ствола в точке встречи с рудного тела  $\theta_{\text{рт}}$  (град):

$$\theta_{\text{рт}} = \beta_0 + \gamma - 90^\circ, \quad (9)$$

где  $\beta_0$  – проектный угол встречи основного ствола в точке встречи с рудным телом, град;

$\gamma$  – угол падения рудного тела, град.

$$\theta_{\text{рт}} = 65^\circ + 60^\circ - 90^\circ = 35^\circ.$$

Интенсивность естественного зенитного искривления основного ствола составляет  $i_{\theta_0} = 0,0367$  град/м.

Начальный зенитный угол забуривания основного ствола равен ( $\theta_0$ ):

$$\theta_0 = \arcsin(\sin 25^\circ - 0,00064 \cdot 624,8) \approx 10^\circ \quad (10)$$

Кривизна естественного зенитного искривления основного ствола  $K_{\theta_0}$  (рад/м) находится по формуле:

$$K_{\theta_0} = \frac{i_{\theta_0}}{57,3}; \quad (11)$$

$$K_{\theta_0} = \frac{0,0367}{57,3} = 0,00064 \frac{\text{рад}}{\text{м}}.$$

Глубина скважины основного ствола по оси до точки встречи с рудным телом  $L_0$  (м):

$$L_0 = \frac{\theta_{\text{рт}} - \theta_0}{i_{\theta_0}}; \quad (12)$$

$$L_0 = \frac{35^\circ - 10^\circ}{0,0367} = 682 \text{ м};$$

Конечная глубина основного ствола по оси  $L$  (м):

$$L = L_0 + m + l, \quad (13)$$

где  $m$  – проектная мощность рудного тела, м;

$l$  – глубина изучения подстилаемой толщи, м.

$$L = 682 + 64 + 54 = 800 \text{ м.}$$

### **2.5.3.1. Расчет и построение траектории многоствольной скважины**

Точность подсечения, а иногда и сама возможность подсечения геологического тела (рудной зоны, рудного тела, жилы, массива и т.п.), зависят от качества проектирования траекторий скважин, которое также определяет и величину затрат на бурение, включая затраты на борьбу с искривлением.

К основным расчетным задачам проектирования можно отнести определение:

- местоположение устья скважины;
- первоначальных зенитных и азимутальных углов забуривания скважин;
- величины интервалов применения отклонителей и интенсивности искусственного искривления;
- положение интервала зарезки дополнительного ствола и его оптимального профиля при многоствольном бурении;
- проектных координат траекторий скважин.

Основными принципами проектирования траектории разведочных скважин являются:

- за исходную точку проектирования, как правило, принимается проектная точка подсечения разведываемого геологического объекта, рудного тела, т.е. проектирование ведется «снизу-вверх». Исключение составляет проектирование с площадок, выбор которых ограничен различными условиями;
- траектории скважины должны иметь минимальную длину при условии обеспечения допустимого минимального угла встречи с рудным телом;

- проектная траектория скважины должна рассчитываться с учетом естественного искривления и возможного применения искусственного искривления;
- начальные проектные зенитные углы забуривания скважин должны соответствовать техническим возможностям применяемого бурового оборудования.

#### Расчет траектории основного ствола

Проектные координаты основного ствола для каждой из глубин  $L_n$  через интервал  $\Delta l = 100$  м, а также у кровли рудного тела  $L_0$  и на конечной глубине  $L$ .

Проектные зенитные  $\theta_n$  и азимутальные  $\alpha_n$  траектории (град):

$$\theta_n = \theta_{n-1} + i_{\theta,0}\Delta l; \quad (14)$$

$$\theta_1 = \theta_0 + i_{\theta,0}\Delta l = 10^\circ + 0,0367 \cdot 100 = 13,67^\circ;$$

$$\alpha_n = \text{const} = 135^\circ, \quad (15)$$

Средние зенитные  $\theta_{\text{ср}}$  и азимутальные  $\theta_n$  углы интервалов (град):

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\theta_n + \theta_{n-1}}{2}, \quad (16)$$

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\theta_n + \theta_{n-1}}{2} = \frac{10 + 13,67}{2} = 11,835^\circ.$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\alpha_n + \alpha_{n-1}}{2} = \frac{135^\circ + 135^\circ}{2} = 135^\circ. \quad (17)$$

Приращения координат (длины проекций) траектории (м):

$$\Delta X_n = \Delta l_n \cdot \sin \theta_{\text{ср}} \cdot \cos \alpha'_{\text{ср}}, \quad (18)$$

$$\Delta X_n = 100 \cdot 0,205 \cdot 1 = 20,5 \text{ м};$$

$$\Delta Z_n = \Delta l_n \cdot \cos \theta_{\text{ср}}, \quad (19)$$

$$\Delta Z_n = 100 \cdot 0,9787 = 97,8 \text{ м}.$$

Для расчета координат траектории (таблица 14) необходимо знать топографические координаты проектной точки подсечения рудного тела, при этом текущие координаты при расчете и построении траектории основного ствола скважины относительно рудного тела (м):

Таблица 14 – Координаты траектории основного ствола

Глубина, м	Интервал, м	Проектные углы, град		Рассчитанные углы, град		Приращения координат, м		Координаты	
		$\theta_n$	$\alpha_n = const$	$\theta_{нсп}$	$\alpha_{нсп}$	$\Delta X_n$	$\Delta Z_n$	X	Z
0		10	135					0	0
	100			11,835	135	20,5	97,8		
100		13,67	135					20,5	97,8
	100			15,5	135	26,7	96,3		
200		17,34	135					47,2	194,1
	100			19,175	135	32,8	94,4		
300		21,01	135					80	288,5
	100			22,845	135	38,8	92,1		
400		24,68	135					118,8	380,6
	100			26,515	135	44,6	89,5		
500		28,35	135					163,4	470,1
	100			30,185	135	50,27	86,4		
600		32,02	135					213,67	556,5
	82			33,52	135	45,26	68,3		
682		35,02	135					258,93	624,8
	118			37,19	135	71,27	93,9		
800		39,36	135					330,2	718,7

«Сверху-вниз» рассчитываются по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_n, \quad (20)$$

$$X_{n+1} = X_0 + \Delta X_1 = 0 + 20,5 = 20,5 \text{ м},$$

$$Z_{n+1} = Z_n + \Delta Z_n. \quad (21)$$

$$Z_{n+1} = Z_0 + \Delta Z_1 = 0 + 97,8 = 97,8 \text{ м}.$$

#### Расчет траектории дополнительного ствола

Схема для расчета траектории многоствольной плоско-искривленной скважины приведена в приложении 5.

Изменение зенитного угла при бурении дополнительного ствола  $\varphi$  (град):

$$\varphi = \arccos\left(1 - \frac{\alpha(R \cdot \sin \beta_0 - \frac{\alpha}{2})}{(R-r)r}\right), \quad (22)$$

$$R = \frac{57,3}{i_{\theta,0}}, \quad (23)$$

$$R = \frac{57,3}{0,0367} = 1561,3 \text{ м};$$

$$r = \frac{57,3}{i_{\theta,\text{доп}}}, \quad (24)$$

$$r = \frac{57,3}{0,1} = 573 \text{ м},$$

где  $R, r$  – радиусы кривизны основного и дополнительного стволов, м;

$i_{\theta,0}$  – интенсивность естественного зенитного искривления основного ствола, град/м;

$i_{\theta,\text{доп}}$  – средняя интенсивность зенитного искривления дополнительного ствола с учетом искусственного искривления,  $i_{\theta,\text{доп}} = 0,1$  град/м;

$\alpha$  – плотность разведочной сети по падению,  $\alpha = 100$  м.

$$\varphi = \arccos\left(1 - \frac{100(1561,3 \cdot \sin 65^\circ - \frac{100}{2})}{(1561,3 - 573)573}\right) = 1,327^\circ,$$

Зенитный угол основного ствола в точке зарезки дополнительного ствола

$\theta_{\text{зар}}$  (град):

$$\theta_{\text{зар}} = \left[ \left( \frac{\beta_0}{57,3} - \frac{\alpha}{R} \right) - 2 \frac{r}{R} \sin \frac{\varphi}{2} \right] \cdot 57,3 + \gamma - 90, \quad (25)$$

$$\theta_{\text{зар}} = \left[ \left( \frac{65}{57,3} - \frac{100}{1561,3} \right) - 2 \frac{573}{1561,3} \sin \frac{1,327}{2} \right] \cdot 57,3 + 60 - 90 = 30,86^\circ,$$

Глубина точки зарезки дополнительного ствола по оси скважины  $L_{\text{зар}}$ , (м):

$$L_{\text{зар}} = \frac{\theta_{\text{зар}} - \theta_0}{i_{\theta,0}}. \quad (26)$$

$$L_{\text{зар}} = \frac{30,86 - 10}{0,0367} = 568,4 \text{ м.}$$

Длина дополнительного ствола от места зарезки до точки встречи с рудным телом  $L_{\text{рт.доп}}$  (м):

$$L_{\text{рт.доп}} = r \frac{\varphi}{57,3}. \quad (27)$$

$$L_{\text{рт.доп}} = 573 \frac{1,327}{57,3} = 13,27 \text{ м.}$$

Конечная длина дополнительного ствола по оси  $L_{\text{к.доп}}$  (м):

$$L_{\text{к.доп}} = L_{\text{рт.доп}} + m + l. \quad (28)$$

$$L_{\text{к.доп}} = 13,27 + 64 + 54 = 131,27 \text{ м.}$$

Зенитный угол дополнительного ствола в точке пересечения рудного тела  $\theta_{\text{рт.доп}}$  (град):

$$\theta_{\text{рт.доп}} = \theta_{\text{зар}} + \varphi, \quad (29)$$

$$\theta_{\text{рт.доп}} = 30,86 + 1,327 = 32,187^\circ,$$

$$\theta_{\text{рт.доп}} \leq |\theta|, \quad (30)$$

$$32,187^\circ \leq 60^\circ,$$

где  $|\theta|$  – максимальный зенитный угол, величина которого ограничивается возможностью спуска на кабеле геофизических приборов, инклинометров, увеличением расхода мощности на бурение и спускоподъемные операции, обычно величина  $|\theta|$  принимается до  $60^\circ$ .

Зенитный угол дополнительного ствола на конечной глубине  $\theta_{\text{к.доп}}$  (град):

$$\theta_{\text{к.доп}} = \theta_{\text{рт.доп}} + i_{\theta, \text{доп}}(m + l). \quad (31)$$

$$\theta_{\text{к.доп}} = 32,187 + 0,1(64 + 54) = 43,9^\circ.$$

Глубина основного ствола по вертикали до места зарезки дополнительного ствола  $H_{\text{зар}}$  (м):

$$H_{\text{зар}} = \frac{(\sin\theta_{\text{зар}} - \sin\theta_0)}{K_{\theta,0}} \quad (32)$$

$$H_{\text{зар}} = \frac{(0,512 - 0,173)}{0,00064} = 529,7 \text{ м.}$$

Глубина дополнительного ствола по вертикали от места зарезки до точки встречи с рудным телом  $H_{\text{зар-рт.доп}}$  (м):

$$H_{\text{зар-рт.доп}} = \frac{(\sin\theta_{\text{рт.доп}} - \sin\theta_{\text{зар}})}{K_{\theta,\text{доп}}}, \quad (33)$$

где  $K_{\theta,\text{доп}}$  – кривизна зенитного искривления дополнительного ствола, рад/м.

$$K_{\theta,\text{доп}} = \frac{i_{\theta,\text{доп}}}{57,3}. \quad (34)$$

$$K_{\theta,\text{доп}} = \frac{0,1}{57,3} = 0,00174 \text{ рад/м};$$

$$H_{\text{зар-рт.доп}} = \frac{(0,532 - 0,512)}{0,00174} = 11,5 \text{ м},$$

Глубина дополнительного ствола по вертикали от точки вскрытия рудного тела до конечной глубины  $H_{\text{рт.доп.-к.доп}}$  (м):

$$H_{\text{рт.доп.-к.доп}} = \frac{(\sin\theta_{\text{к.доп}} - \sin\theta_{\text{рт.доп}})}{K_{\theta,\text{доп}}}, \quad (35)$$

$$H_{\text{рт.доп.-к.доп}} = \frac{(0,693 - 0,532)}{0,00174} = 25,15 \text{ м.}$$

Глубина скважины по вертикали до точки вскрытия рудного тела дополнительным стволом  $H_{\text{рт.доп}}$  (м):

$$H_{\text{рт.доп}} = H_{\text{зар}} + H_{\text{зар-рт.доп}}, \quad (36)$$

$$H_{\text{рт.доп}} = 529,7 + 11,5 = 541,2 \text{ м.}$$

Глубина скважины по вертикали до конечной глубины дополнительного ствола  $H_{\text{к.доп}}$  (м):

$$H_{\text{к.доп}} = H_{\text{рт.доп}} + H_{\text{рт.доп-к.доп}}, \quad (37)$$

$$H_{\text{к.доп}} = 541,2 + 25,15 = 566,35 \text{ м.}$$

Смещение основного ствола от устья до места зарезки дополнительного ствола  $S_{зар}$  (м):

$$S_{зар} = \frac{(\cos\theta_0 - \cos\theta_{зар})}{K_{\theta,0}}, \quad (38)$$

$$S_{зар} = \frac{(0,984 - 0,858)}{0,00064} = 196,87 \text{ м.}$$

Смещение дополнительного ствола от места зарезки до точки вскрытия рудного тела  $S_{зар-рт.доп}$  (м):

$$S_{зар-рт.доп} = \frac{(\cos\theta_{зар} - \cos\theta_{рт.доп})}{K_{\theta,доп}}, \quad (39)$$

$$S_{зар-рт.доп} = \frac{(0,858 - 0,846)}{0,00174} = 6,9 \text{ м.}$$

Смещение дополнительного ствола от точки вскрытия рудного тела до конечной глубины  $S_{рт.доп-к.доп}$  (м):

$$S_{рт.доп-к.доп} = \frac{(\cos\theta_{рт.доп} - \cos\theta_{к.доп})}{K_{\theta,доп}}, \quad (40)$$

$$S_{рт.доп-к.доп} = \frac{(0,846 - 0,72)}{0,00174} = 19,7 \text{ м.}$$

Смещение скважины до точки вскрытия рудного тела дополнительным стволом  $S_{рт.доп}$  (м):

$$S_{рт.доп} = S_{зар} + S_{зар-рт.доп}, \quad (41)$$

$$S_{рт.доп} = 196,87 + 6,9 = 203,77 \text{ м.}$$

Смещение скважины до конечной глубины дополнительного ствола  $H_{к.доп}$  (м):

$$S_{к.доп} = S_{рт.доп} + S_{рт.доп-к.доп}, \quad (42)$$

$$S_{к.доп} = 203,77 + 19,7 = 223,47 \text{ м.}$$

### 2.5.3.2. Выбор способа зарезки бокового ствола

В виду добычи керна на большом интервале сооружаемой скважины, рационально выбрать клиновой способ зарезки бокового ствола с использованием стационарного клина КОС-76 ВИТР (рисунок 10).

Основные преимущества клиньев по сравнению с другими отклонителями – возможность применения их в ранее пробуренной скважине при создании искусственного забоя, и простота их изготовления.

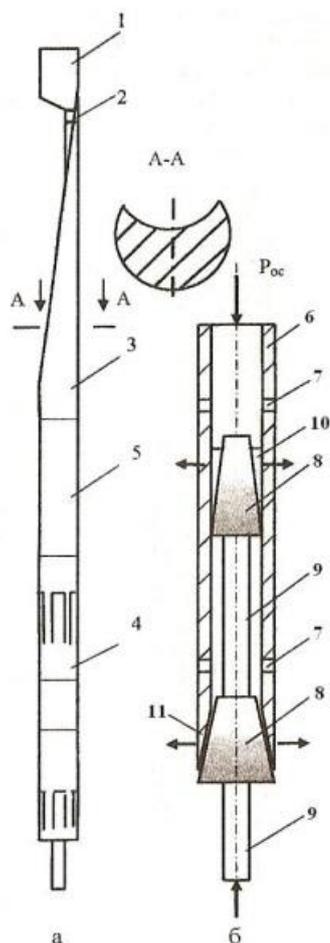


Рисунок 10 – Устройство отклонителя КОС конструкции ВИТР:

а – клин в сборе; б – распорный механизм; 1 – установочный патрубок; 2 – срезные штифты; 3 – ложка; 4 – распорный механизм; 5 – труба удлинитель; 6 – наружная труба; 7 – прорези; 8 – конус; 9 – шток; 10 – клиновидная накладка

В скважине клин крепится по-разному: цементированием, заклиниванием дробью, расклиниванием с помощью деревянных или металлических клиньев, или конусов с плашками и др. Для уменьшения действия вибраций используют демпфирующие устройства. Незвлекаемый клин открытого типа спускают скважину на бурильных трубах, к которым он присоединяется специальным переходником с помощью заклепок. Заклепки после установки клина срезаются под действием осевой нагрузки.

### 2.5.3.3. Технологический цикл сооружения дополнительных стволов

В первую очередь проводят такие технологические операции, как кавернометрия и инклинометрия, чтобы выбрать интервал зарезки дополнительного ствола, убедившись в отсутствии каверн и значительной выработки ствола скважины в нем.

Далее производят установку искусственного забоя с помощью специальной пробки (рисунок 11) или моста (из цементного или специального тампонажного раствора).

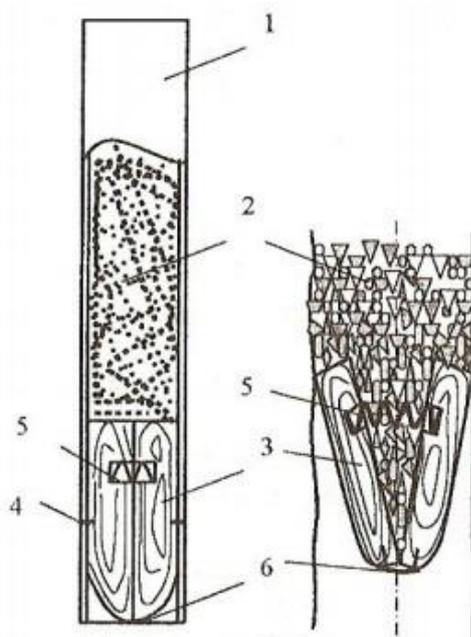


Рисунок 11 – Пробка-искусственный забой:

- 1 – колонковая труба; 2 – щебень; 3 – деревянная пробка; 4 – штифты;  
5 – пружина

Затем производят сборку и ориентирование клина на поверхности. Для ориентирования отклонителей при их установке используют прямой и косвенный методы.

Используемый косвенный метод заключается в ориентировании спущенного в скважину отклонителя (или подпятника) относительно апсидальной плоскости или меридиана (магнитного или географического) путем кругового поиска – вращения отклонителя с индикатором (регистраторы и сигнализаторы). Прибор «Луч» (рисунок 12), разработанный в ВИГРе,

предназначен для ориентирования отклонителей любых типов в скважинах с зенитными углами не менее  $3^\circ$ . Он состоит из собственно ориентатора и пульта управления. Опускают и поднимают ориентатор внутри колонны бурильных труб с помощью лебедки и направляющего ролика на одножильном изолированном проводе, который также служит для электрического соединения ориентатора и пульта.

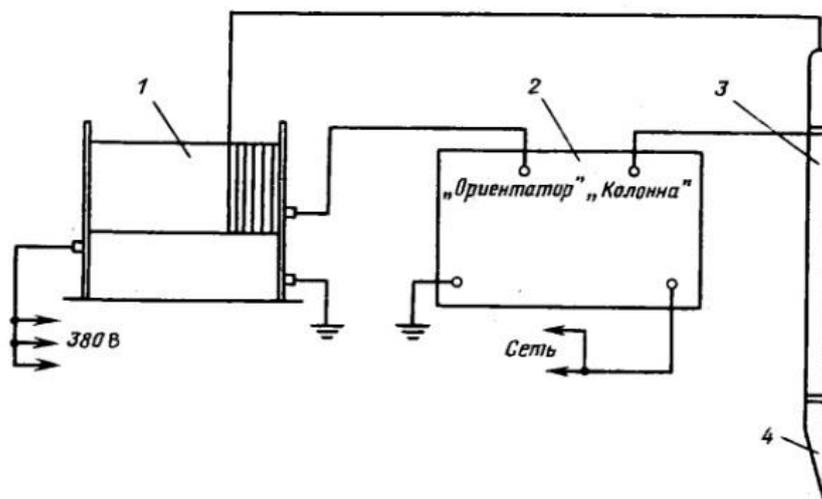


Рисунок 12 – Схема соединений прибора «Луч»:

1 – лебедка; 2 – пульт управления; 3 – ориентатор; 4 – ловитель ориентатора

После ориентирования отклонителя его спускают в скважину не доходя до забоя 0,5...1 м, ориентируют клин в скважине, совершают постановку клина в скважине.

Раскрепление клина в скважине осуществляют без рывков с постоянным наблюдением осевой нагрузки, которая не должна превышать 1500 кгс для срыва штифтов и открепления клина. Далее клин отсоединяется от колонны бурильных труб и производится извлечение их на поверхность.

Следующим комплексом операций служит бурение опережающей пилот-скважины в заданном направлении на длину 2...2,5 м (рисунок 13, а), проверка правильности забуривания пилот-скважины (инклинометрия), расширение пилот-скважины до номинального диаметра (рисунок 13, б) и проработка уступа в месте искривления (рисунок 13, в).

Впоследствии ведут бурение скважины в новом направлении укороченными колонковыми наборами с постепенным наращиванием их до нормальной длины.

Заключительным этапом проводится инклинометрия на забое дополнительного ствола. Оперативный контроль искривления скважины производится с помощью инклинометра МТ-1, фиксирующего на фотопленку значения зенитного и азимутального углов. Применяется в диамагнитной среде, в скважину опускают на тросе. За один спуск можно многократно измерить указанные параметры в нескольких точках скважины.

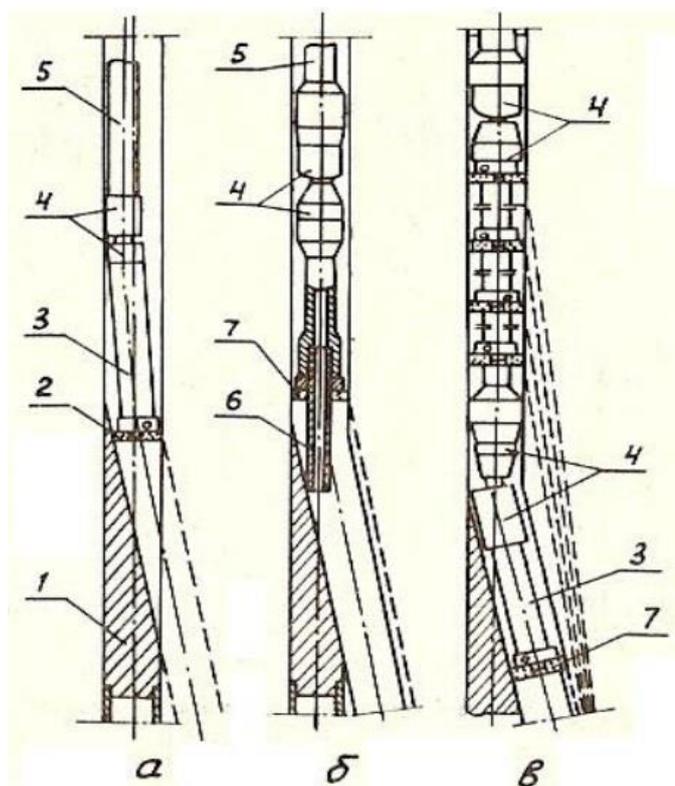


Рисунок 13 – Схема отбуривания пилот-скважины:

а – бурение пилот-скважины; б – расширение пилот-скважины; в – проработка уступа в месте искривления; 1 – клин; 2 – алмазная коронка уменьшенного диаметра; 3 – колонковая труба; 4 – буровой шарнир; 5 – буровые трубы; 6 – направляющий стержень; 7 – комбинированная алмазная коронка

#### 2.5.3.4. Экономическое обоснование бурения многоствольных скважин

При проектировании дополнительного ствола необходимо учитывать, что ствол состоит из двух участков: криволинейного и прямолинейного. Основные затраты времени и средств связаны прежде всего с бурением первого участка, поскольку в данном случае затраты складываются из затрат собственно на бурение интервала и затрат на работы по набору угла кривизны, величина которого должна обеспечить подсечение рудной залежи в заданной точке с заданным углом встречи, который должен быть не менее  $30^\circ$ . Второй участок ствола скважины – прямая касательная к концу криволинейного интервала дополнительного ствола.

Если предполагать, что одним из условий бурения дополнительного ствола является условие минимизации затрат, то очевидно следует определять основные параметры дополнительного ствола: точку забуривания; суммарную длину дополнительного ствола, в том числе и криволинейного интервала; кривизну криволинейного интервала.

Расчеты параметров дополнительного ствола производятся в соответствии со схемой (рисунок 13).

Общая длина дополнительного ствола составляет:

$$L_{\text{к.доп}} = L_{\text{рт.доп}} + m + l,$$
$$L_{\text{к.доп}} = 13,27 + 64 + 54 = 131,27 \text{ м.}$$

Расстояние между точками подсечения рудного тела определяется из выражения:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (43)$$

где  $a, b$  – параметры разведочной сети, м.

$$d = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141 \text{ м.}$$

Рациональную величину отклонения дополнительного ствола от основного  $\psi$  определим по таблице 15 с помощью вычисления вспомогательной величины  $f_1$ :

$$f_1 = \frac{K \cdot C \cdot d \cdot \cos\varphi}{\frac{t_{от} C_1}{\delta} + 0,46 \frac{K C_2}{i}}, \quad (44)$$

где  $K$  – коэффициент удорожания стоимости бурения одного метра дополнительного ствола;

$C$  – средняя стоимость одного метра бурения ствола в предполагаемом интервале, руб;

$\varphi$  – изменение зенитного угла при бурении дополнительного ствола, град;

$C_1$  – стоимость одной станко-смены, руб;

$C_2$  – стоимость технических средств направленного бурения и материалов, расходуемых собственно на одну постановку, руб;

$\delta$  – величина полного угла искривления, производимого за одну постановку отклонителя, град;

$t_{от}$  – затраты времени на одну постановку отклонителя, станко-смена.

Таблица 15 – Зависимость отклонения дополнительного ствола

$f_1$	$\psi$	$f_1$	$\psi$	$f_1$	$\psi$
3	9	4,1	12	5,2	15
6,5	18	8	21	10	24
13	27	17	30	20,5	33
24,5	36	29	39	34,5	42
40	45	46	48	52	51

Среднюю стоимость одного метра бурения ствола скважины можно ориентировочно определить из зависимости

$$C = \frac{C_1}{\Pi}, \quad (45)$$

где  $\Pi$  – средняя производительность за смену, м/смена.

$$\Pi = \frac{T_c(1 - K_{\text{ТО}})}{\left(\frac{1}{v_b} + \frac{T_{\text{СПО}} + T_{\text{ПН}} + T_{\text{ВС}}}{l_p}\right)}, \quad (46)$$

где  $T_c$  – продолжительность станко-смены, ч;

$K_{\text{ТО}}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на техническое обслуживание бурового оборудования (5–7 % баланса рабочего времени);

$v_b$  – механическая скорость бурения, м/ч;

$T_{\text{СПО}}$  – время на СПО, кратных рейсу, ч;

$T_{\text{ПН}}$  – время на перекрепление шпинделя и наращивание бурильной колонны, кратные одному рейсу, ч;

$T_{\text{ВС}}$  – время на вспомогательные операции и специальные работы, связанные со спецификой применяемой технологии направленного бурения, кратные одному рейсу, ч;

$l_p$  – углубка за рейс, м.

При расчете  $\Pi$  следует использовать имеющиеся данные о механической скорости бурения и углубке за рейс при том или ином способе бурения, затратах времени на СПО и другие вспомогательные операции, которые связаны с глубиной скважины и применяемым буровым инструментом.

Стоимость технических средств направленного бурения и материалов, расходуемых на одну постановку, можно определить по стоимости амортизации технических средств, требуемых для проведения искусственного искривления и стоимости материалов, например, для создания искусственного забоя.

Стоимость амортизации технических средств можно определить по зависимости:

$$A = \frac{C_o t_o}{R_o} + \frac{C_k t_k}{R_k} + \frac{C_p t_p}{R_p} + \frac{C_i t_i}{R_i}, \quad (47)$$

где  $C_o$ ,  $C_k$ ,  $C_p$ ,  $C_i$  – соответственно, стоимость отклонителя, снаряда для проработки интервала искривления, ориентатора и породоразрушающего инструмента для реализации искусственного искривления, руб;

$t_o, t_k, t_p, t_{и}$  – соответственно, время работы вышеупомянутых технических средств и инструмента за цикл искривления, ч;

$R_o, R_k, R_p, R_{и}$  – соответственно, ресурс вышеуказанных технических средств и инструментов, ч.

Затраты времени на искривление для ОНД можно определить из соотношения:

$$t_o = \frac{\delta}{iv_6}. \quad (48)$$

Для определения коэффициента  $f_1$  принимаем стоимость станко-смены  $C_1 = 30\,000$  руб. Коэффициент  $K$  принимаем равным 1,5.

Производительность за смену рассчитываем по формуле (56), принимая продолжительность смены 12 ч,  $v_6 = 5$  м/ч, длина рейсовой проходки 6 м, время на спуско-подъемные операции – 3 ч, на вспомогательные операции – 0,5 ч, наращивание колонны – 0,5 ч.

$$\Pi = \frac{8(1 - 0,05)}{\left(\frac{1}{5} + \frac{3 + 0,5 + 0,5}{6}\right)} = 10 \text{ м.} \quad (49)$$

Таким образом, стоимость 1 м бурения составляет  $30000/13 = 2300$  руб.

Основную стоимость технических средств направленного бурения определим по формуле, принимая интенсивностью искривления 0,5 град/м, а угол набора кривизны отклонителем за одну постановку  $3^\circ$ , что при скорости бурения отклонителем 1 м/ч, потребует 3 часа бурения с набором кривизны, а общие затраты времени на искусственное искривление составят 5 ч.

При выполнении работ по искривлению и проработке кривизны будет использован ресурс одного долота:

$$A = \frac{30000 \cdot 3}{200} + \frac{10000 \cdot 1}{50} + \frac{15000 \cdot 0,5}{200} + \frac{2000 \cdot 4}{4} = 2687,5 \text{ руб.}$$

$$f_1 = \frac{1,5 \cdot 3000 \cdot 141 \cdot 0,99}{\frac{5 \cdot 30000}{3} + 0,46 \frac{1,5 \cdot 2300}{0,5}} = 4,6.$$

Из таблицы 14 определяем, что  $\psi = 13^\circ$ .

Необходимо рассчитать экономическую эффективность бурения скважины с одним дополнительным стволом (рисунок 13, б) взамен двух одноствольных скважин А и В (рисунок 13, а). Условия расчета и параметры дополнительного ствола принять в соответствии с примером выше. Согласно этого расчета длина дополнительного ствола равна 131,27 м. Zenитный угол набора кривизны при бурении криволинейного интервала составил 13°.

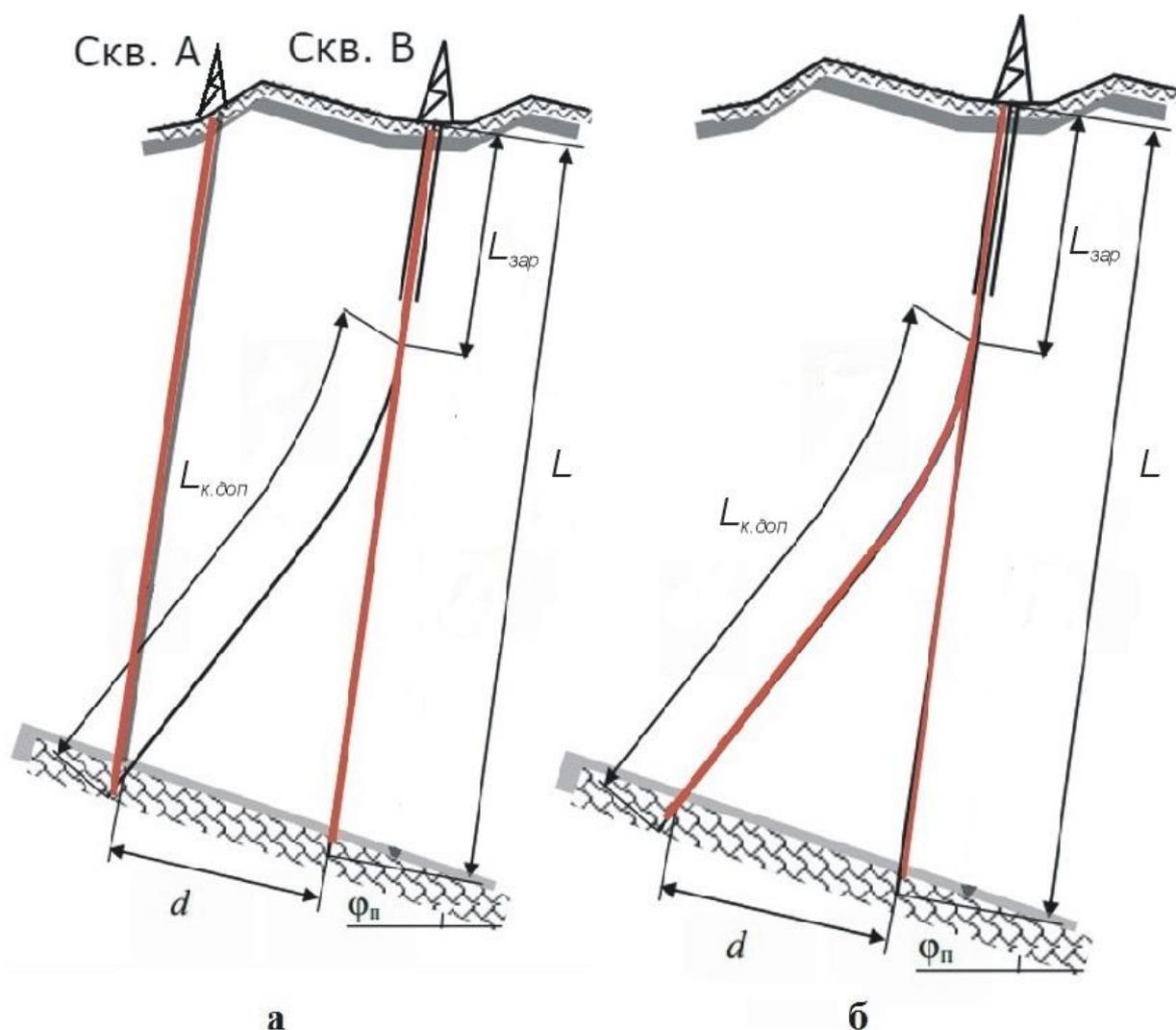


Рисунок 13 – Схема для расчета эффективности бурения скважины с дополнительным стволом: а – сооружение двух одноствольных скважин; б – скважина с дополнительным стволом;  $L$  – длина основного ствола;  $L_{зар}$  – глубина зарезки дополнительного ствола;  $L_{к.доп}$  – глубина дополнительного ствола;  $d$  – расстояние между точками подсечения рудного тела;  $\varphi_n$  – угол падения рудного тела в плоскости разреза

Длина скважины В без дополнительного ствола 800 м, длину скважины А примем за 700 м, с учетом положения рудного тела.

Для расчетов используем данные вышеприведенного примера определения стоимости метра скважины, пробуренной с применением средств направленного бурения.

Затраты на бурение скважин В и А без применения направленного бурения будут равны произведению суммы длин их траекторий и стоимости 1 метра бурения ( $C$ ) в условиях минимального естественного искривления:

$$\sum C_{од} = (L_B + L_A) \cdot C, \text{ руб} \quad (50)$$

$$\sum C_{од} = (800 + 700) \cdot 3000 = 4500000 \text{ руб.}$$

Стоимость бурения многоствольной скважины будет складываться из суммы затрат на бурение прямолинейного интервала в объеме 800 м и интервала направленного бурения с набором угла искривления на интервале бурения  $\Psi=13^\circ$ . Затраты в этом случае составят:

$$\sum C_M = L_B \cdot C + L_{к.доп} \cdot C_H, \text{ руб} \quad (51)$$

$$\sum C_M = 800 \cdot 3000 = 2400000 \text{ руб} + 131,27 \cdot C_H.$$

Представим стоимость метра скважины с учетом затрат на направленное бурение, истирающие материалы и компоновки в следующем общем виде:

$$C_H = \frac{C_{ст} + C_o + C_{и} + C_e + C_y}{\Pi - \Delta\Pi_o}, \quad (52)$$

где  $C_o$  – затраты на постановку отклонителей, отнесенные к затратам на одну станко-смену, руб;

$C_{и}$  – затраты на истираемые материалы и компоновки, отнесенные к затратам на одну станко-смену, руб;

$C_e$  – затраты на разработку методики учета закономерностей естественного искривления, отнесенные к затратам на одну станко-смену, руб;

$C_y$  – затраты на бурение интервалов увеличения или уменьшения длины стволов скважин, вследствие их заложения с упреждением по типовым кривым, отнесенные к затратам на одну станко-смену, руб;

$\Delta\Pi_0$  – потери производительности, связанные с направленным бурением за одну станко-смену, м.

Стоимость истирающих материалов не определяется, т.к. специальных буровых компоновок и инструментов не используется. Угол набора кривизны за одну постановку отклонителя  $\delta = 3^\circ$ , «типовая» кривая при проектировании скважин не используется, поэтому  $C_e = 0$ . Отклонения длины ствола скважины против проектных значений не имеем возможным рассчитать, потому примем за факт, что удлинения ствола не произойдет, а значит  $C_y = 0$ .

Потери производительности, вследствие работ по направленному бурению будут равны:

$$\Delta\Pi_0 = 0,12 \left( \frac{5 + 1}{\frac{1}{5} + \frac{3 + 0,5 + 0,5}{6}} - 3 \right) = 0,82; \quad (53)$$

$$C_n = \frac{30000 + 4587}{10 - 0,82} = 3767,64 \text{ руб.}$$

$$\sum C_m = 800 \cdot 3000 = 2400000 \text{ руб} + 131,27 \cdot 3767,64 = 2894578 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность при бурении скважины без влияния естественного искривления будет равна

$$\mathcal{E} = \sum C_{од} - \sum C_m = 4500000 - 2894578 = 1605422 \text{ руб.} \quad (54)$$

Из приведенного расчета следует, что даже при незначительном объеме буровых работ многоствольное бурение высокоэффективно. Эффективность многоствольного бурения существенно возрастает в случае проходки скважин в сложных и осложненных условиях, например, в условиях естественного искривления, т.к. со снижением общего объема буровых работ снижаются затраты на преодоление и ликвидацию осложнений при бурении.

#### **2.5.4. Обеспечение свойств очистного агента в процессе бурения**

Отличительной способностью вращательного бурения является применение промывки скважин в процессе бурения. Буровой раствор, прежде всего, должен:

- удалять выбуренную породу (шлам) из-под долота, транспортировать ее вверх по кольцевому пространству между бурильной колонной и стволом скважины и обеспечивать ее отделение на поверхности;
- удерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии при остановке циркуляции раствора;
- охлаждать долото и облегчать разрушение породы на призабойной зоне;
- создавать давление на стенки скважины для предупреждения водопроявлений;
- оказывать физико-химическое воздействие на стенки скважины, предупреждая их обрушение;

Таблица 16 – Параметры бурового раствора и его компоненты

Параметры бурового раствора		Компоненты	
Название	Значение	Название	Концентрация, %
Плотность, $\rho$	1,1 г/см <sup>3</sup>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5
Вязкость, $\eta$	22,1 с	CaCl <sub>2</sub>	0,5
Водоотдача	8,3 см <sup>3</sup>	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,15
Статическое напряжение сдвига	12 дПа	ССБ (сульфитно-спиртовая барда)	0,1
Значение pH	8	КМЦ (карбоксилметил целлюлоза)	1,5

При бурении под кондуктор и обсадную колонну разбуриваются неустойчивые глинистые отложения и рыхлые песчаники, поэтому буровой раствор должен обладать высокой выносящей способностью, хорошей смазывающей способностью для предотвращения прихватов инструмента и обеспечивать сохранение устойчивости стенок скважины. Для решения этих задач используется полимерглинистый тип бурового раствора с определёнными структурно-реологическими характеристиками.

Приготовление полимерглинистого раствора происходит следующим образом:

В зумпф, емкостью 10 м<sup>3</sup>, заливают техническую воду, добываемую из скважины на участке. Магистраль сброса давления с грязевого насоса устанавливают в зумпф для размешивания глинопорошка, химреагентов, добавок и пр. мощным напором воды. Необходимо добавить кальцинированную соду (CS марка Б) в воду для уменьшения ее жесткости и для лучшего

взаимодействия с глиноporошком (Bentex LCC Otex/ глиноporошок бентонитовый MiSwaco).

При бурении сплошным забоем (или с отбором керна) необходимо добавить аналог карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) – PAC HVExtra (для приготовления водного раствора концентрация составляет 0,5...2,0%, в составе глинистого раствора – 0,2...1,0%).

При переходе на бурение с отбором керна глинистый раствор меняют на водный раствор с полимерными добавками. В состав раствора вводят CLAY Master+, который является сухой, высокодисперсной добавкой; после добавления в воду образует буровой раствор в течение 5...10 минут. Является сильным загустителем и стабилизатором раствора, способствует удержанию частиц шлама во взвешенном состоянии и более лучшему выносу его на поверхность. Дозировка от 0,5 до 1,0 кг/м<sup>3</sup>.

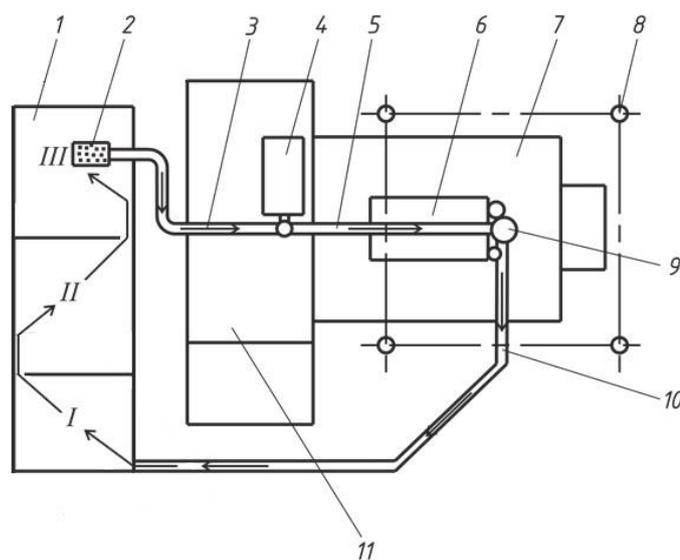


Рисунок 14 – Типовая схема циркуляционной системы очистки промывочной жидкости при бурении геологоразведочных скважин:

- 1 – зумпф; 2 – храпок бурового насоса; 3, 5 – всасывающая и нагнетательная линии; 4 – буровой насос; 6 – буровой станок; 7 – блок бурового станка; 8 – буровая вышка; 9 – устье скважины; 10 – желоба; 11 – блок бурового насоса; I, II, III – секции-отстойники

Для очистки бурового раствора от шлама будет использоваться естественный метод очистки. Естественный метод очистки основан на выпадении частиц выбуренной породы под действием силы тяжести в циркуляционной системе скважины. Циркуляционная система, наиболее часто используемая в практике бурения геологоразведочных скважин, состоит из зумпфа объемом 23...25 м<sup>3</sup>, с тремя перегородками. Принципиальная схема представлена на рисунке 14.

## **2.6. Реализация намеченных мероприятий по закреплению стенок скважины**

Для успешного закрепления скважины обсадными трубами провести два независимых один от другого вида работ: 1) работы, связанные с подготовкой обсадных труб к спуску их в скважину; 2) работы, связанные с подготовкой самой скважины.

Первый вид работ проводится в следующей последовательности:

- расчёт количества труб, необходимых для крепления скважины;
- перевозка труб на буровую;
- проверка и разбраковка труб на буровой;
- укладка труб на приёмный стеллаж.

Трубы укладываются в том порядке, в каком они будут опускаться в скважину.

Второй вид работ сводится к приведению ствола скважины в благоприятное для спуска колонн состояние. Перед спуском обсадных труб скважину предусматривается интенсивно промыть промывочной жидкостью. По окончании бурения обсадные трубы будут извлекаться из скважины. Извлечение обсадных труб производится при помощи вращателя.

Тампонирующие направление и кондуктор цементируются в одну ступень с подъемом тампонажного раствора от башмака по заколонному пространству на высоту до 10 метров. Для цементирования предусматривается использовать тампонажный раствор нормальной плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup> на основе ПЦТ1-50.

Таблица 17 – Технические характеристики применяемых обсадных труб

Тип труб	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, кг	Материал трубы	Характеристика резьбы труб и ниппелей
Обсадная труба Н 127x5-Д ГОСТ 6238-77	127,0	5,0	8,4	Сталь 45	Одноупорная, цилиндрическая, трапецеидальная, шаг 4 мм, высота профиля 0,75 мм
Обсадная труба Н 108x5-Д ГОСТ 6238-77	108,0	5,0	5,8	Сталь 45	Одноупорная, цилиндрическая, трапецеидальная, шаг 4 мм, высота профиля 0,75 мм
Механические свойства стали группы прочности Д				Норма, не менее	
Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> , (кгс/мм <sup>2</sup> )				638(65)	
Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup> , (кгс/мм <sup>2</sup> )				373(38)	
Относительное удлинение $\delta$ , %				16	

## 2.7. Проверочные расчеты бурового оборудования

### 2.7.1. Определение затрат мощности для привода силовой

#### кинематики станка

Суммарная мощность определяется по формуле:

$$N_B = N_{СТ} + N_{ТР} + N_{РЗ}, \quad (55)$$

где  $N_{СТ}$  – затраты мощности для привода бурового станка, кВт;

$N_{ТР}$  – мощность на вращение буровой колонны, кВт;

$N_{РЗ}$  – мощность на разрушение забоя, кВт.

### Потери мощности в станке

Затраты мощности (в кВт) для привода самой силовой кинематики станка  $N_{СТ}$  находится как:

$$N_{СТ} = N_{ДВ}(0,075 + 0,00012 \cdot n), \quad (56)$$

где  $N_{ДВ}$  – номинальная мощность привода двигателя (станка), кВт;

$n$  – частота оборотов шпинделя, об/мин.

$$N_{СТ} = 55 \cdot (0,075 + 0,00012 \cdot 983) = 10,61 \text{ кВт.}$$

### Мощность на вращение буровой колонны

При высоких частотах вращения по формуле:

$$N_{тр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \left\{ (1,6 \cdot 10^{-8})(1 + 0,6 * i) \left[ \frac{(0,9+0,02\delta)}{1+0,013\delta} \right] \cdot \left[ \frac{D_d}{(EI)^{0,16}} \right] \cdot n^{1,85} \cdot L^{0,75} \cdot (1 + 0,44 \cdot \sin\theta_{cp}) + 2 \cdot 10^{-7} \delta n G \right\}, \quad (57)$$

где  $L$  – длина буровой колонны, м ( $L = 800$  м).

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние смазывающей способности и антивибрационного действия промывочной жидкости на затраты мощности (1,25 – при применении растворов повышенной плотности и вязкости);

$K_2$  – коэффициент, учитывающий влияние состояния стенок скважины (каверны желоба, наличие обсадных труб) на затраты мощности (1 – для нормального геологического разреза);

$K_3$  – коэффициент, учитывающий влияние типа соединений бурильных труб на затраты мощности (1 – для соединения «труба в трубу»);

$K_4$  – коэффициент, учитывающий влияние кривизны бурильных труб на затраты мощности (1,1 – для бурильных труб повышенного качества с ниппельным соединением или соединением «труба в трубу»);

$K_5$  – коэффициент, учитывающий влияние материала бурильных труб на трение труб о стенки скважины (1,0 – для стальных труб);

$S$  – средняя кривизна свечи – 0,4 мм/м;

$\delta$  – зазор, между стенками скважины и бурильными трубами – 3,2 мм;

$n$  – частота вращения бурового вала, об/мин (таблица 12);

$E$  – модуль продольной упругости бурильных труб, кгс/см<sup>2</sup> ( $2 \cdot 10^6$  – для стальных труб);

$I$  – экваториальный момент инерции бурильных труб, см<sup>4</sup>;

$\theta_{\text{ср}}$  – средний зенитный угол скважины, град;

$G$  – усилие подачи, кгс (таблица 13);

$D_{\text{д}}$  – наружный диаметр ПРИ, мм.

Экваториальный момент инерции поперечного сечения БТ, см<sup>4</sup>:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d^4 - d_1^4), \text{ см}^4, \quad (58)$$

где  $d$  – наружный диаметр БТ, см;

$d_1$  – внутренний диаметр БТ, см.

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (7,0^4 - 6,04^4) = 52,53 \text{ см}^4$$

Расчёт среднего зенитного угла производится по формуле:

$$\theta_{\text{ср}} = (\theta_{\text{нач.}} + \theta_{\text{кон.}})/2, \text{ град}, \quad (59)$$

где  $\theta_{\text{ср}}$  – средний зенитный угол, град;

$\theta_{\text{нач.}}$  и  $\theta_{\text{кон.}}$  – соответственно начальный и конечный углы, град.

$$\theta_{\text{ср}} = (10 + 35)/2 = 12,5 \text{ град.}$$

Зазор, между стенками скважины и бурильными трубами определяется по формуле:

$$\delta = 0,5 \cdot (D - d_{\text{н}}), \text{ мм}, \quad (60)$$

где  $D$  – диаметр скважины по расширителю, мм;

$d_{\text{н}}$  – наружный диаметр бурильных труб, мм.

$$\delta = 0,5 \cdot (76,4 - 70) = 3,2 \text{ мм.}$$

$$N_{\text{тр}} = 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot$$

$$\cdot \left\{ (1,6 \cdot 10^{-8})(1 + 0,6 \cdot 0,0434) \cdot \left[ \frac{(0,9 + 0,02 \cdot 3,2)}{1 + 0,013 \cdot 3,2} \right] \cdot \left[ \frac{76}{(2 \cdot 10^6 \cdot 52,53)^{0,16}} \right] \right. \\ \left. \cdot 983^{1,85} \cdot 800^{0,75} (1 + 0,44 \sin 12,5) + 2 \cdot 10^{-7} \cdot 3,2 \cdot 983 \cdot 1317 \right\} = 5,8 \text{ кВт.}$$

### Мощность на разрушение забоя

Определяется по формуле:

$$N_{PЗ} = 2,67 \cdot 10^{-7} \left( \mu_0 + \frac{16,7\Omega \cdot v_{\text{мех}}}{n} \right) (D_1 + D_2) G \cdot n, \text{ кВт}, \quad (61)$$

где  $\mu_0$  – коэффициент, характеризующий трение породоразрушающего инструмента о породу;

$\Omega$ – коэффициент, учитывающий физико-технические свойства горных пород и характер их разрушения;

$v_{\text{мех}}$ – механическая скорость бурения, м/ч;

$D_1$  и  $D_2$ – наружный и внутренний диаметр коронки, мм.

Таблица 18 – Значения коэффициентов  $\Omega$  и  $\mu_0$  для различных коронок

№ п/п	Тип коронки	$\Omega$	$\mu_0$
1	Алмазная импрегнированная	5,0...8,0	0,05...0,1
2	Алмазная однослойная коронка	2,4...3,5	0,03...0,05
3	Алмазная однослойная коронка при ударно-вращательном бурении	1,6	0,03
4	Твёрдосплавная коронка	2,0	0,1
5	Твёрдосплавная коронка типа ГПИ	0,32	0,04
6	Коронки других типов	–	–

Таблица 19 – Значения  $v_{\text{мех}}$  для различных пород

Категория ГП по буримости	$v_{\text{мех}}$ , м/ч	Категория ГП по буримости	$v_{\text{мех}}$ , м/ч
I	23,0...30,0	VII	1,9...2,0
II	11,0...15,0	VIII	1,3...1,9
III	5,7...10,0	IX	0,75...1,2
IV	3,5...5,0	X	0,5...0,75
V	2,5...3,5	XI	0,3...0,5
VI	1,5...2,5	XII	0,15...0,25

$$N_{\text{рз}} = 2,67 \cdot 10^{-7} \cdot \left( 0,05 + \frac{16,7 \cdot 3,5 \cdot 0,9}{819} \right) (76 + 46) \cdot 1317 \cdot 819 = 4,01 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{Б}} = N_{\text{СТ}} + N_{\text{ТР}} + N_{\text{РЗ}} = 10,61 + 5,8 + 4,01 = 20,42 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя, выбранного бурового агрегата равна 55 кВт, что достаточно для обеспечения необходимой мощности для бурения.

### 2.7.2. Расчет мощности привода насоса

Мощность привода насоса рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{Н}} = \frac{10 \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta}, \quad (62)$$

где  $Q$  – расчетная подача бурового насоса, л/с;

$H$  – потери давления в нагнетательной линии, кг/см<sup>2</sup>;

$\eta$  – общий КПД насоса.

Величина  $H$  определяется по формуле:

$$H = \frac{(L+1500) \cdot v_{\text{ТЖ}}}{2g} \left( \frac{\lambda_{\text{ТР}}}{d_{\text{ТР}}} + \frac{\xi}{l} \right), \quad (63)$$

где  $d_{\text{ТР}}$  – внутренний диаметр бурильных труб, м;

$L$  – длина трубопровода, м;

$l$  – длина бурильной трубы, м;

$\xi$  – коэффициент местных сопротивлений;

$v_{\text{ТЖ}}$  – скорость течения жидкости, л/мин;

$\lambda_{\text{ТР}}$  – коэффициент гидравлических сопротивлений.

Скорость течения жидкости  $v_{\text{ТЖ}}$  может быть подсчитана по формуле:

$$v_{\text{ТЖ}} = 2,1 \cdot 10^{-5} \left( \frac{Q}{d_{\text{ТР}}^2} \right), \quad (64)$$

где  $Q$  – расчетная подача бурового насоса, л/с.

$$v_{\text{ТЖ}} = 2,1 \cdot 10^{-5} \left( \frac{1,73}{0,07^2} \right) = 0,0074 \text{ л/с.}$$

Коэффициент гидравлических сопротивлений  $\lambda_{\text{тр}}$  зависит от режима течения жидкости  $Re$ . Этот коэффициент можно определить по формуле:

$$Re = \frac{v_{\text{ТЖ}} \cdot d_{\text{ТР}}}{\gamma}, \quad (65)$$

где  $\gamma$  – кинематическая вязкость жидкости (для применяемой промывочной жидкости  $\gamma = 0,785 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

$$Re = \frac{0,0074 \cdot 0,07}{0,785 \cdot 10^{-6}} = 659,87.$$

Коэффициент  $\lambda_{\text{тр}}$  рассчитывается по формуле Альшуля:

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{d_{\text{тр}}} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (66)$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,07} + \frac{68}{659,87} \right)^{0,25} = 0,062.$$

Коэффициент местных сопротивлений  $\xi$  определяется по формуле Борда-Карно:

$$\xi = 1,5[(d_{\text{тр}}/d_{\text{зам}})^2 - 1]^2, \quad (67)$$

где  $d_{\text{зам}}$  – внутренний диаметр ниппеля или замка (или высаженной части трубы в месте соединения труб и муфты), м. Для колонкового снаряда со съемным керноприемником  $d_{\text{зам}} = 0,0604$  м.

$$\xi = 1,5[(0,07/0,0604)^2 - 1]^2 = 0,17.$$

$$H = \left( \frac{(800 + 1500) \cdot 0,444}{2 \cdot 9,81} \right) \cdot \left( \frac{0,062}{0,07} + \frac{0,17}{3} \right) = 72,64 \left( \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \right).$$

$$N_{\text{н}} = \frac{10 \cdot 1,73 \cdot 72,64}{102 \cdot 0,8} = 15,4 \text{ кВт}.$$

### 2.7.3. Проверочные расчеты грузоподъемности мачты

#### Расчет и выбор схемы талевой системы

Талевая система предназначена для подъема и поддержания на весу тяжелого бурового инструмента, представляющая из себя полиспастный механизм.

Таблица 20 – Исходные данные для расчета и выбора схемы талевой системы

Длина колонны, L, м	800
Средний зенитный угол, $\theta$ , °	12,5
Коэффициент доп. сопротивлений, $\alpha_2$	1,6
Удельный вес ПЖ, $\gamma_{\text{ж}}$ , гс/см <sup>3</sup>	1,05
Мощность двигателя, N, кВт	55
Коэффициент перегрузки, $\lambda$	1,2
Грузоподъемность лебедки, $Q_{\text{л}}$ , тс	11,2
Тип бурового станка	ЗИФ-1200МРК
Время разгона элеватора, t, с	1
Типоразмер бурильных труб	ССК-76
Длина свечи, $l_{\text{св}}$ , м	3
Вес подвижного груза, G, кгс	62,3
Вес 1 м бурильных труб	7,7

Число рабочих ветвей определяется по формуле:

$$m = \frac{Q_{\text{кр}\Sigma}}{Q_{\text{л}}} \cdot \eta, \quad (68),$$

где  $Q_{\text{кр}\Sigma}$  – нагрузка на крюке при подъёме колонны бурильных труб из скважины, кгс;

$Q_{\text{л}}$  – грузоподъемность лебедки, кгс;

$\eta$  – КПД талевой системы.

$$Q_{\text{кр}\Sigma} = Q_{\text{кр д}} + G_{\text{д}}, \quad (69)$$

где  $Q_{\text{кр д}}$  – вес бурового снаряда с учетом динамических сил, кгс;

$G_{\text{д}}$  – вес подвижного груза с учетом динамических сил, кгс.

$$Q_{\text{кр д}} = Q_{\text{кр}} \left( 1 + \frac{v}{gt} \right), \quad (70)$$

где  $Q_{\text{кр}}$  – чистый вес бурового снаряда, кгс;

$V$  – max скорость подъема элеватора согласно ТБ;

$V = 2.0$  м/с;  $g$  – ускорение свободного падения;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$t$  – время разгона буровой колонны ( $t = 1,8$  м/с).

$$Q_{кр} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot qL \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}\right) \cdot \cos\theta_{ср} (1 + f \cdot tg\theta_{ср}), \quad (71)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент, учитывающий ниппельное соединение БТ ( $\alpha_1 = 1,0$ );

$\alpha_2$  – коэффициент дополнительных сопротивлений ( $\alpha_2 = 1,6$ );

$q$  – вес 1 метра труб ( $q = 7,7$  кгс);

$\gamma_{м}$  – удельный вес металла ( $\gamma_{м} = 7,85$  гс/см<sup>3</sup>);

$f$  – коэффициент трения ( $f = 0,3$ ).

$$G_{д} = G \left(1 + \frac{V}{gt}\right), \quad (72)$$

где  $G$  – вес подвижного груза, кгс.

$$G_{д} = 62,3 \left(1 + \frac{2,0}{9,81 \cdot 1,8}\right) = 70,4 \text{ кгс}$$
$$G = m_{э} + m_{н}, \quad (73)$$

где  $m_{э}$  – масса элеватора, кгс;

$m_{н}$  – масса наголовника, кгс.

$$G = 57,0 + 5,3 = 62,3 \text{ кгс.}$$

$$Q_{кр.Σ} = \left[ \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot qL \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}\right) \cos\theta_{ср} \cdot (1 + f \cdot tg\theta_{ср}) + G \right] \left(1 + \frac{V}{gt}\right), \quad (74)$$

$$Q_{кр.Σ} = \left[ 1,0 \cdot 1,6 \cdot 7,7 \cdot 800 \left(1 - \frac{1,05}{7,85}\right) \cos 12,5^\circ \cdot (1 + 0,3 \cdot tg 12,5^\circ) + 62,3 \right] \cdot \left(1 + \frac{2,0}{9,81 \cdot 1,8}\right) = 10421,95 \text{ кгс;}$$

$$\frac{Q_{кр.Σ}}{Q_{л}} = \frac{10421,95}{11200} = 0,93;$$

Принимаем  $\eta = 0,961$ .

$$m = \frac{10421,95}{11200 \cdot 0,966} = 0,96.$$

На основании произведенных расчетов, предусматривается применение талевой системы ТС (1x1 к).

#### Расчет усилий в ветвях талевой системы и нагрузки на мачту

Для всех схем талевой системы усилие в любой ветви определяется по формуле В.Г. Храменкова:

$$P = \frac{Q_{кр}}{m \cdot \eta \cdot \beta^{k'}}, \quad (75)$$

где  $Q_{кр}$  – в кгс;

$m$  – число рабочих струн

(для неподвижного конца каната талевой системы  $k = m + 1$ ).

$$Q_{кр} = \alpha_1 \cdot qL \left(1 - \frac{\gamma_{ж}}{\gamma_{м}}\right) \text{ кгс}, \quad (76)$$

где  $Q_{кр}$  – полный вес бурового снаряда в статическом состоянии.

$$Q_{кр} = 1.0 \cdot 7.7 \cdot 800 \left(1 - \frac{1.05}{7.85}\right) = 5336,05 \text{ кгс};$$

$$P = \frac{5336,05}{1 \cdot 0,961 \cdot 1,04^2} = 5133,7 \text{ кгс}.$$

Натяжение ведущей ветви:

$$P_{л} = \frac{Q(1-\eta^m)}{(1-\eta)} \text{ кгс}, \quad (77)$$

$$P_{л} = \frac{5336,05(1-0,961^1)}{(1-0,961)} = 5336,05 \text{ кгс}.$$

Усилие в неподвижной ветви каната:

$$P_{н} = \frac{Q_{кр}[\eta^m(1-\eta)]}{(1-\eta^m)} \text{ кгс}, \quad (78)$$

$$P_{н} = \frac{5336,05[0,961^1(1-0,961)]}{(1-0,961^1)} = 5127,94 \text{ кгс}.$$

КПД выбранной талевой системы определяется по формуле:

$$\eta_{ТС} = \frac{P}{P_{л}}, \quad (79)$$

$$\eta_{ТС} = \frac{5133,7}{5336,05} = 0,961.$$

Сумма усилий во всех ветвях талевой системы определяет нагрузку на мачту  $P_B$  (в кгс):

$$P_B = P_L + P_H + \sum_{k=1}^m P_{Kk}; \quad (80)$$

$$P_B = 5336,05 + 5127,94 = 10464 \text{ кгс},$$

$$P_B = 10,46 \text{ тс} < 11,2 \text{ тс}$$

Полученное значение  $P_B$  меньше грузоподъемности мачты, поэтому приходим к выводу, что данная талевая оснастка ТС (1x1 к) подходит.

#### Определение грузоподъемности выбранной талевой системы:

Грузоподъемность талевой системы  $Q_{ТС}$  (усилие на крюке в кгс) при загрузке двигателя до номинальной мощности ( $N_0$ ) и скорости подъема крюка  $V_{кр-i}$  при  $i$ -й скорости ( $V_{кр-1} = 0,68$  м/с) КПП:

$$Q_{ТС-i} = 102 \cdot \frac{N_0 \cdot \eta_{ТС} \cdot \eta_{П}}{V_{кр-i}} \text{ кгс}, \quad (81)$$

где  $\eta_{ТС}$  – КПД талевой системы;

$\eta_{П}$  – КПД передач вращения от двигателя до барабана лебедки ( $\eta_{П} = 0,95$ ).

$$Q_{ТС-1} = 102 \cdot \frac{55 \cdot 0,961 \cdot 0,95}{0,68} = 7531,84 \text{ кгс}.$$

Сравниваем значения статического веса колонны бурового снаряда  $Q_{кр}$  и грузоподъемность талевой системы  $Q_{ТС-1}$ :

$$Q_{ТС-1} > Q_{кр};$$

$$7531,84 \text{ кгс} > 5336,05 \text{ кгс}.$$

Максимальный вес снаряда не превышает грузоподъемность талевой системы – следовательно, выбранная талевая система пригодна для подъема данного снаряда.

#### Расчет талевого каната:

Расчет и выбор талевого каната производятся по статическому разрывному усилию каната  $P_p$  (в кгс), определяемому по формуле:

$$P_p \geq 2,5 \cdot P_{л \text{ max}}, \quad (82)$$

где 2,5 – коэффициент запаса прочности талевого каната по ТБ;

$P_{л max}$  – максимальное усилие, развиваемое лебедкой на минимальной скорости, при перегрузке двигателя, кН:

$$P_{л max} = \frac{N_0 \cdot \lambda \cdot \eta_{л}}{V_{л min}}, \quad (83)$$

где  $\lambda$  – коэффициент возможной перегрузки двигателя (для асинхронных двигателей  $\lambda = 2,0$ );

$V_{л min}$  – минимальная скорость навивки каната на барабан лебедки (первая скорость включения КПП).

$$P_{л max} = \frac{55000 \cdot 2,0 \cdot 0,95}{0,68} = 153,6 \text{ кН};$$

$$P_p = 2,5 \cdot 15,36 = 384,2 \text{ кН} = 39177,5 \text{ кгс.}$$

На основе расчетов можно выбрать канат двойной свивки типа ТК конструкции 6х37 + 1 о.с. диаметром 29 мм.

#### 2.7.4. Проверочный расчет бурильных труб на прочность

Расчет бурильных труб сводится к определению запаса прочности в трех характерных сечениях колонны (верхнее, нижнее, нулевое).

Анализ исходных данных позволяет сделать вывод о том, что колонна БТ в процессе бурения скважин будет работать с дополнительной осевой нагрузкой, т.к. вес колонны бурильных труб не превышает оптимальную осевую нагрузку, равную 1317 кгс. Следовательно, расчёт производится только для нижнего сечения.

##### Расчет колонны бурильных труб в нижнем сечении

Расчет колонны бурильных труб в нижнем сечении сводится к статическому расчету на сложное напряженное состояние.

Предел текучести для стали 38ХНМ составляет 5500 кгс/см<sup>2</sup>.

Запас прочности определяется по формуле:

$$\eta_{II-II} = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{\Sigma} \cdot K_k}, \quad (84)$$

где  $[\sigma_T]$  – предел текучести материала бурильных труб;

$\sigma_{\Sigma}$  – суммарное напряжение в нижней части БТ, кгс/см<sup>2</sup>;

$K_k$  – коэффициент концентрации напряжений ( $K_k = 1,5$ ).

Суммарное напряжение согласно теории прочности:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{из}})^2 + 4\tau^2} \geq [\sigma_T], \quad (85)$$

где  $\sigma_{\text{сж}}$  – напряжение сжатия, кгс/см<sup>2</sup>;

$\sigma_{\text{из}}$  – напряжение изгиба, кгс/см<sup>2</sup>;

$\tau$  – касательные напряжение, кгс/см<sup>2</sup>.

Напряжение сжатия:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F}, \quad (86)$$

где  $P_{\text{ос}}$  – осевая нагрузка на ПРИ, кгс;

$F$  – площадь сечения БТ, см<sup>2</sup>.

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - d_1^2), \quad (87)$$

где  $d$  – наружный диаметр бурильных труб, см;

$d_1$  – внутренний диаметр бурильных труб, см.

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (7,0^2 - 6,04^2) = 9,83 \text{ см}^2,$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{1317}{9,83} = 133,97 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

Напряжение изгиба:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I \cdot \varphi}{l^2 \cdot W_{\text{из}}}, \quad (88)$$

где  $E$  – модуль Юнга,  $E = 2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>;

$I$  – экваториальный момент инерции поперечного сечения БТ, см<sup>4</sup>;

$l$  – длина полуволны прогиба, см;

$W_{\text{из}}$  – осевой момент сопротивления изгибу площади рассчитываемого сечения трубы, см<sup>3</sup>;

$\varphi$  – стрела прогиба, см.

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d^4 - d_1^4), \text{ см}^4, \quad (89)$$

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (7,0^4 - 6,04_1^4) = 52,53 \text{ см}^4,$$

$$\varphi = \frac{(D-d)}{2} \text{ см}, \quad (90)$$

где  $D$  – диаметр скважины по расширителю, см;

$d$  – наружный диаметр БТ, см.

$$\varphi = \frac{(76,4 - 76)}{2} = 0,2 \text{ см.}$$

$$l = \frac{10}{\omega} \sqrt{0,5 \cdot z + \sqrt{0,25 \cdot z^2 + \frac{E \cdot I \cdot \omega^2}{10^3 \cdot q \cdot g}}}, \quad (91)$$

где  $q$  – вес 1 м бурильных труб, кгс;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость вращения, с<sup>-1</sup>;

$z$  – длина участка колонны от забоя скважины до вращателя, м, ( $z = L = 800$  м).

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ с}^{-1}, \quad (92)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 819}{30} = 85,7 \text{ с}^{-1}.$$

Осевой момент сопротивления изгибу площади рассчитываемого сечения трубы равен:

$$l = \frac{10}{85,7} \sqrt{0,5 \cdot 800 + \sqrt{0,25 \cdot 800^2 + \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 52,53 \cdot 85,7^2}{10^3 \cdot 7,7 \cdot 9,81}}} = 7,02 \text{ м};$$

$$W_{\text{из}} = \frac{\pi}{32} \cdot \left( \frac{d^4 - d_1^4}{d} \right) \text{ см}^3, \quad (93)$$

$$W_{\text{из}} = \frac{3,14}{32} \cdot \left( \frac{7,0^4 - 6,04^4}{7,0} \right) = 15 \text{ см}^3,$$

Длина полуволны прогиба более длины одной трубы, следовательно, по рекомендации Саркисова Г.М. принимаем  $l = 3$  м.

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 52,53 \cdot 0,2}{300^2 \cdot 15} = 153,61 \text{ кгс.}$$

Напряжение кручения:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}, \quad (94)$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент, кгс · см;

$W_{кр}$  – полярный момент сопротивления кручению поперечного сечения БТ.

$$M_{кр} = 97400 \cdot \frac{N}{n}, \quad (95)$$

где  $N$  – затраты мощности, кВт.

$$N = 1,5 \cdot N_{рз}, \quad (96)$$

где  $N_{рз}$  – мощность на разрушение забоя, кВт.

$$N = 1,5 \cdot 4,01 = 6,015 \text{ кВт};$$

$$M_{кр} = 97400 \frac{6,015}{819} = 715,3 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} \cdot \left( \frac{d^4 - d_1^4}{d} \right), \text{ см}^3; \quad (97)$$

$$W_{кр} = \frac{3,14}{16} \cdot \left( \frac{7,0^4 - 6,04^4}{7,0} \right) = 30 \text{ см}^3.$$

$$\tau = \frac{715,3}{30} = 23,84 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарное напряжение:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(133,97 + 153,61)^2 + 4 \cdot 23,84^2} = 291,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Запас прочности:

$$\eta_{II-II} = \frac{5500}{219,5 \cdot 1,5} = 16,7 \geq 1,7.$$

Данный расчет показал, что коэффициент запаса прочности превышает допустимый запас прочности, следовательно, бурильные трубы в нижнем сечении при заданных режимах бурения не должны выходить из строя.

## **2.8. Разработка мероприятий по предупреждению аварий при бурении скважин.**

Авария – нарушение технологического процесса бурения скважины, вызванное потерей подвижности колонны бурильных труб, или ее поломкой с оставлением в скважине элементов колонны, а также различных предметов, для

извлечения которых требуется проведение специальных работ, не предусмотренных проектом.

Аварии можно классифицировать:

- аварии с элементами буровой колонны;
- обрыв бурильных труб;
- аварии с породоразрушающим инструментом;
- прихваты бурильной колонны;
- аварии из-за неудачного цементирования;
- падение в скважину посторонних предметов.

Также аварии можно классифицировать по их источнику:

- буровое оборудование;
- природные воздействия;
- субъективный фактор (самонадеянность, небрежность, грубые нарушения).

До 95% всех аварий возникает по вине исполнителей в результате нарушения технологии бурения, условий эксплуатации оборудования и инструмента. Около 3-5% аварий возникает из-за заводского брака используемого инструмента. Небольшая часть аварий возникает из-за низкого качества технических проектов.

Аварии при бурении можно рассматривать как непосредственное прекращение углубки скважины, вызванное нарушением нормального состояния бурового инструмента (обрывы, падения инструмента в скважину, прижог коронки и др.). Осложнения в бурении связывают с изменением состояния скважины (обвалы стенок, прихваты инструмента, образование желобов в скважине и др.).

Для предупреждения аварии в результате прихватов бурильных колонн необходимо: не допускать накопления и оседания шлама в скважине, для чего применять промывочные жидкости, соответствующие условиям бурения, в количестве, достаточном для выноса шлама; устраивать циркуляционную систему, обеспечивающую очистку раствора; проводить спуск инструмента в

нижней части ствола скважины с промывкой и вращением: проводить специальную очистку скважины от шлама (при необходимости – в каждом рейсе); систематически осматривать бурильную колонну с целью выявления мест утечки промывочной жидкости: своевременно перекрывать обсадными трубами зоны неустойчивых пород и поглощений; подбирать промывочные жидкости, способствующие укреплению стенок скважины, и тампонажные смеси для ликвидации поглощений промывочной жидкости; прорабатывать ствол скважины в зоне затяжек; спуск и подъем в этих интервалах проводить с вращением и интенсивной промывкой растворами с пониженной водоотдачей; не оставлять буровой снаряд на длительное время на забое или в призабойной зоне при прекращении вращения и промывки.

Для предупреждения аварий с обсадными трубами необходимо: проверять перед спуском обсадные трубы по диаметру, на целостность резьб и тела труб; проверять исправность бурового оборудования и спускоподъемных приспособлений; производить кавернометрию скважины; при возможности облегчать глинистый раствор; не допускать при спуске колонны обсадных труб их вращения и забивания шламом; при длинных колоннах (особенно тонкостенных) применять обратные клапаны; производить перед спуском колонн обсадных труб их наружную смазку (мазутом, графитовой пастой и т.п.) для облегчения извлечения.

Для предупреждения аварии с породоразрушающим инструментом необходимо: не допускать спуск в скважину коронок имеющих дефекты резьб, трещины корпусов и матриц, люфт в опорах шарошек, с забитыми промывочными отверстиями и другими дефектами; наворачивать алмазные коронки и расширители специальными ключами; прекращать бурение и производить подъем инструмента при резком падении механической скорости, возникновении вибрации и посторонних процессов в скважине; обеспечивать полную герметичность всех соединений бурового снаряда во избежание утечек промывочной жидкости; при замене породоразрушающего инструмента следить за соответствием его диаметров.

Для предупреждения аварий при работе в скважине необходимо:

- ознакомить каротажную бригаду перед производством работ с особенностями конструкции и состоянием скважины, с возможными зонами осложнений;

- проработать ствол скважины перед спуском геофизических и других скважинных приборов, и снарядов;

- проверять соответствие кабеля (троса) глубине производимых работ, его целостность, прочность крепления скважинных приборов и устройств;

- прекратить спуск скважинных приборов при их затычках, приборы поднять и повторить проработку скважины.

Для предупреждения аварий из-за падения посторонних предметов в скважину необходимо:

- закрывать устье скважины при поднятых буровых трубах;

- следить за исправностью ключей, вилок, ручного инструмента, спускоподъемных приспособлений;

- систематически проверять состояние деталей вращателя станка.

На всех буровых скважинах, базах, участках должен находиться аварийный инструмент, приведенный в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень обязательного аварийного инструмента

Инструмент	Типоразмер	Местонахождение		
		Буровая	База	
			участка	экспедиции
Ловушка секторов матрицы	ЛСМ-76	+	+	+
	ЛСМ-59	+	+	+
Ловушка магнитная	ЛМ-93	–	–	+
	ЛМ-76	+	+	+
	ЛМ-59	–	–	+
Метчик ловильный с правой резьбой	В-42	–	–	+
	В-50	+	+	+
	Г-50	+	+	+
	Д-73; 89	+	+	+
	Д-108	–	–	+
Колокол ловильный с правой резьбой	А-76; Б-76; Б-89; А-76-1	+	+	+
Шарнир универсальный	ШУ-76-6	–	–	+
Клин отклоняющий	89; 73	–	–	+
Переходник отсоединительный	ПО-76	+	+	+
Печать	–	+	–	–
Крюк отводной	–	–	+	–
Паук (амброс)	–	+	+	+
Труборез гидравлический	ТРГ-76; 93; 108	–	–	+
Труболовка гидравлическая	ТГ-76; 93; 108; ТГ-ССК-76	–	–	+
Труборез-труболовка комбинированный	ТТ-76; 93	–	–	+
Метчик-коронка	МК-76	+	+	+
Фрезерная коронка	ФК-76	+	+	+
Фрезер с направлением	ФН-59; 76	–	–	+
Пика ловильная гладкая и граненая	–	+	+	+
Ловитель	ЛОМ-50; ЛОГ-50	+	+	+
Направляющее устройство для ликвидации прихвата каротажного кабеля	–	–	+	+

Бурильные трубы с замковым соединением с левой резьбой	50	–	–	+
Рабочий инструмент для работы со снарядами с левой резьбой	50	–	–	+

При близком расположении базы (до 10...20 км) большую часть инструмента, обязательного на буровой, возможно оставлять на ней.

## 2.9. Выбор источника энергии

Силовой привод является неотъемлемой частью бурового станка и во многом определяет его технические параметры и эксплуатационные характеристики.

Силовые приводы буровых установок представляют собой компоновку двигателей, трансмиссий с устройствами, которые преобразуют энергию топлива или электричества в механическую и передают ее буровым насосам, ротору, лебедки.

В зависимости от используемого первичного источника энергии приводы делятся на автономные, не зависящие от системы энергоснабжения, и неавтономные, зависящие от системы энергоснабжения, с питанием от промышленных электрических сетей. К автономным приводам относятся двигатели внутреннего сгорания (ДВС) с механической, гидравлической или электропередачей. К неавтономным приводам относятся: электродвигатели постоянного тока, питаемые от промышленных сетей переменного тока через тиристорные выпрямительные станции управления; электродвигатели переменного тока с гидравлической либо электродинамической трансмиссией или регулируемые тиристорными системами.

В современных буровых установках для геологоразведочного бурения в качестве силового привода применяется в основном электродвигатели переменного тока и двигатели внутреннего сгорания.

В составе оборудования буровой установки находится дизельный генератор GMJ88 (50 Гц, 230/400 В, трёхфазная электростанция) с оригинальным дизельным двигателем John Deere 4045TF258 (США).

Таблица 22 – Технические характеристики ДГ GMJ88

Мощность электростанции, кВт основная/резервная	64/70 кВт
Панель управления	GMCA-20-04
Тип запуска	электростартер
Расход топлива, л/ч	14,5
Емкость бака, л	130
Вес электростанции, кг	1500
Габариты, см	285x120x151
Уровень шума	66 дБ

## 2.10. Механизация спускоподъемных операций

Спускоподъемные операции (СПО) производятся с целью замены износившегося породоразрушающего инструмента, а при колонковом бурении – с целью извлечения керна, заполнившего керноприемную трубу или заклинившегося в ней.

Состав работ при СПО: сборка бурового снаряда и спуск его в устье скважины; присоединение бурильных труб и спуск колонны с буровым снарядом до забоя. После выполнения всех операций, связанных с бурением (углубкой) скважины, осуществляют подъем. При этом колонну бурильных труб разбирают на свечи. Свечи, составленные из двух-трех или более труб, либо выносят за пределы бурового здания и укладывают на козлы (стеллажи), либо устанавливают в буровой вышке – в штангоприемнике (кармане) на подсвечник.

В выполнении вышеописанных операций участвует вращатель станка, трубооборот РТ-1200-2М, элеватор полуавтоматический ЭН-2/20, лебедка ССК Л-5, трубордержатель ТР2-12,5.

## **2.11. Использование буровой контрольно-измерительной аппаратуры**

Рациональная эксплуатация современного бурового оборудования и инструмента требует применения специальных контрольно-измерительных приборов (КИП), позволяющих измерять и поддерживать оптимальные параметры технологического режима бурения, работы различных механизмов, определять физическое состояние отдельных технических средств. Это позволяет повысить производительность буровых работ и безопасность их ведения, снизить аварийность в процессе сооружения скважин.

Для контроля режимных параметров бурения на пульте управления буровой установкой предусмотрены следующие приборы:

- манометр давления промывочной жидкости;
- манометр (датчик давления в контуре гидросистемы);
- манометр давления удержания.
- указатель осевой нагрузки;
- манометр давления промывочной жидкости;
- расходомер промывочной жидкости;
- звуковой сигнализатор переподъема бурового снаряда;
- счетчик моточасов.

## **2.12. Монтаж и демонтаж бурового и силового оборудования**

Монтаж и подготовка оборудования к работе подразумевает предварительное выравнивание площадки, необходимой для размещения оборудования, инструмента и материалов, оборудования резервуаров для хранения очистного агента и выполнения других видов работ.

Монтажно-демонтажные работы и перемещение буровых установок непосредственно на участке проектируемых работ будет осуществляться силами буровых бригад.

Подготовка буровой установки ПБУ-1200 к бурению должна проводиться на выровненной площадке. Перед началом работ следует убедиться в наличии масла в картерах механизма и баке гидросистемы установки. Благодаря тому, что установка находится в сборе на базе саней, то ее перевозка и подготовка к бурению не занимает продолжительного времени.

Перед подъемом мачты необходимо освободить ее крепление к передней опоре, а затем произвести прокачку цилиндра подъема мачты для удаления воздуха из него. Для этого необходимо поднять мачту на 30-40° и опустить.

### **2.13. Ликвидация скважины**

Разведочные скважины, не подлежащие использованию, подлежат обязательной ликвидации согласно «Инструкции о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устья и стволов», «Правил ликвидационного тампонажа буровых скважин различного назначения, засыпки горных выработок и заброшенных колодцев для предотвращения загрязнения и истощения подземных вод».

Вокруг устья выкапывается шурф размером 1×1×1 м, обсадная труба срезается на 0,5 м ниже уровня земли и сверху заваривается металлической крышкой, на которой фиксируется номер скважины, месторождение, организация-владелец и дата ликвидации скважины. Шурф до глубины 0,5 м заливается цементным раствором.

После схватывания цементного раствора и засыпки шурфа грунтом устанавливается металлический знак, на котором должны быть указаны: организация, ликвидировавшая скважину, дата ее бурения и дата ликвидации. По окончании ликвидационных работ составляются акты. В отчет включается план расположения ликвидированной скважины, описание процесса, чертежи выполненного тампонажа, а также приводятся результаты испытания скважины на герметичность после проведения тампонажа. Эти документы должны быть в течение месяца представлены в территориальное управление Роспотребнадзора и геологические управления.

### **3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

#### **3.1. Введение**

Район работ расположен в восточной части Воронежской области на территории Новохоперского района.

На Ёлкинском месторождении сульфидных медно-никелевых руд проводятся разведочные работы. Бурение скважин производится передвижной буровой установкой ПБУ-1200.

Территория области поделена на две части – на северную (лесостепная) и южную (степная) части. Порядка 80% земель Воронежской области занимают черноземы. В настоящее время преобладают агрокультурные ландшафты.

Воронежская область находится в умеренной климатическом поясе. Лето жаркое, зима умеренно-холодная. Режим выпадения осадков непостоянный, но в случае проливного дождя, длящегося до 12 часов и более, доставка рабочих и техники на месторождение сильно затруднена. Промерзание грунта в зимнее время происходит на глубину до 130 мм, многолетняя мерзлота отсутствует.

#### **3.2. Производственная безопасность**

Сооружение геологоразведочных скважин неразрывно связано с опасностью производимых работ. Важным является то, насколько четко и слаженно происходит взаимодействие работающих служб и как своевременно и точно поступают различные сведения, касающиеся безопасности людей.

Чем сложнее вид деятельности, тем должна быть более комплексной система защиты. В условиях производства на человека действуют в основном техногенные опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами. К опасным относится такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или резкому ухудшению здоровья.

К вредным же относится такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Часть производственных систем оборудования и элементы среды, являющиеся источниками опасности, приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Основные элементы производственного процесса геологоразведочных работ, формирующие опасные и вредные факторы

Этапы работ	Наименование запроектированных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		
		Опасные	Вредные	Нормативные документы
1	Транспортировка и монтаж-демонтаж оборудования	Движущиеся машины и механизмы грузоподъемного оборудования	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. Повреждения в результате контакта с насекомыми. Повышенная запыленность рабочей зоны.	ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.008-78. Биологическая безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.4.125-83 Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация СНиП П-12-77. Защита от шума. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное.
2	Бурение скважин и вспомогательные работы	Движущиеся машины и механизмы различного оборудования. Давление в пневмосистеме. Статическое электричество. Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов и труб. Поражение электрическим током.	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. Превышение уровня шума и вибрации. Недостаточное освещение рабочей зоны. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны. Повреждения в результате контакта с насекомыми.	ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.008-78. Биологическая безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.4.125-83 Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация СНиП П-12-77. Защита от шума. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное.

### 3.2.1. Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению

*Отклонения показаний микроклимата на открытом воздухе и в помещении.*

Буровые работы связаны с постоянной работой на открытом воздухе.

Для защиты персонала от погодных явлений буровая установка должна быть оснащена подсобными помещениями. В рабочей зоне буровой установки должны быть обеспечены комфортные условия труда для рабочих. Рабочие должны быть обеспечены теплой спецодеждой и обувью.

Различают теплый и холодный период года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха + 10°C и выше, холодный – ниже + 10°C.

Оптимальные микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которые при длительном воздействии на человека не могут вызвать дискомфортные теплоощущения и понижения работоспособности.

Нормы температуры и влажности в рабочей зоне приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая (менее 175 Вт)	19...21	60...40	0,1
	Тяжелая (более 290 Вт)	16...18	60...40	0,3
Теплый	Легкая (менее 175 Вт)	20...22	60...40	0,1
	Тяжелая (более 290 Вт)	48...20	60...40	0,3

### *Недостаточная освещенность рабочей зоны.*

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда находится в прямой зависимости от рациональности освещения и повышается на 10...12%.

С физиологической точки зрения свет является возбудителем органа зрения человека (зрительного анализатора). Мы уже знаем, что около 90 % информации, которую человек получает от внешнего мира, поступает через зрительный канал. Поэтому качество информации, получаемой посредством зрения, во многом зависит от освещения.

Для освещения буровой установки используется искусственное и естественное освещение.

Нормы освещения указаны в СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение». На буровой чаще применяется комбинированное освещение, искусственное освещение в ночное время суток. Источниками света являются лампы накаливания. Буровые должны быть оборудованы пылеводонепроницаемыми светильниками. Искусственное освещение буровой установки осуществляется под напряжением 12 В.

Производственное освещение на буровых должно удовлетворять следующим требованиям: равномерность распространения яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства; отсутствие блеклости, т. е. повышенной яркости отражающих свет поверхностей; постоянство освещенности по времени; оптимальная направленность светового потока. Также необходимо иметь аварийное освещение с независимым источником питания.

Нормы освещения и расположение светильников на буровой установке приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Нормы освещения

Место освещения	Освещенность, лк	Место установки	Число светильников	Мощность светильников, Вт
1	2	3	4	5
Рабочие места у бурового станка	40	Сбоку от механизмов на высоте 2,2...2,5 м	2	200
Щиты контрольно-измерительных приборов	50	Перед приборами	1	100
Буровой насос	25	Над насосом	1	200
Зумпф, лестница, подход к буровой	10	На высоте 2,0...2,5 м	3	100

*Повреждения в результате контакта с насекомыми* имеет особое значение, так как в районе много кровососущих насекомых комаров, мошки, мокреца, иксодовых клещей. Имеются случаи заболевания клещевым энцефалитом, в результате которого происходит тяжелое поражение центральной нервной системы. Заболевание начинается через две недели после укуса клеща, сопровождается высокой температурой. Клещи располагаются на ветвях деревьев, кустарниках и травах и цепляются за одежду проходящего человека. Клещи наиболее активны в конце мая – середине июня в любое время суток и в любую погоду, кроме сильных дождей.

Для предотвращения укусов клещей все работники партии будут обеспечены энцефалитными костюмами и индивидуальными медицинскими пакетами.

*Повышенный уровень шума и вибраций.*

С точки зрения безопасности труда в геологоразведочном деле вибрация и шум – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве. Шум и вибрация относятся к механическим

колебаниям. Общее между ними то, что они связаны с переносом энергии. При определенной величине и частоте эта энергия может выступать как вредный или опасный производственный фактор.

Признаки воздействия шума на организм человека проявляются как в виде специфического поражения органов слуха, так и в быстрой утомляемости, снижении реакции работающего.

Основными источниками шума на буровой являются: буровой станок, насос, вращающаяся колонна бурильных труб.

Основные мероприятия по борьбе с шумом:

- устранение своевременно обнаруженных дефектов в элементах оборудования, ведущих к появлению шума;

- установка звукопоглощающих кожухов, установка глушителя на дизельную станцию; необходимо периодически производить замер уровня шума, который на буровой не должен превышать 85 дБА (согласно ГОСТ 12.1.003-83);

- использование средств индивидуальной защиты от шума (наушники, вкладыши), работающие по принципу поглощения шума.

Вибрация – механические колебательные движения объекта, передаваемые человеческому телу или отдельным его частям при непосредственном контакте. Источник вибраций на буровых – все работающие механизмы.

Основные методы борьбы с вибрацией делятся на две группы:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения;

- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

*Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.*

Во всех помещениях концентрация токсичных газов, паров и пыли в воздухе должна соответствовать «Предельно допустимым концентрациям вредных газов, паров, пыли и других аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений», устанавливаемым СНиП 245-741.

Вредное вещество – это вещество, которое в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений.

С точки зрения БЖД при оценке состояния воздушной среды наибольшее значение имеет: 1) газовый состав воздуха; 2) уровень его атмосферного давления; 3) присутствие в воздухе механических и токсичных примесей.

1. Газовый состав воздуха. Наиболее благоприятен для дыхания атмосферный воздух, содержащий (% по объему) азота – 78,08, кислорода – 20,95, инертных газов – 0,93, углекислого газа – 0,03, прочих газов – 0,01.

2. Уровень атмосферного давления воздуха. Уровень атмосферного давления воздуха зависит от высоты местности и температуры воздуха. Нормальное давление воздуха равно 101 кПа.

3. Присутствие в воздухе механических и токсических примесей.

При обнаружении в воздушной среде рабочих помещений ядовитых газов и паров, концентрации которых выше ПДК, работы в этих местах должны быть прекращены, а обслуживающий персонал переведен на безопасное расстояние. К таким веществам относятся: бензин (среднесуточная ПДК = 1,5 мг/м<sup>3</sup>) и пыль нетоксичная (среднесуточная ПДК = 0,15 мг/м<sup>3</sup>).

### **3.2.2. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению**

*Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов.*

При выполнении монтажно-демонтажных работ необходимо строго соблюдать требования СНиП 111-4-80\* "Техника безопасности в строительстве".

Необходимо предусмотреть все требования по производству строительного-монтажных работ:

- предусмотреть ограждение опасных зон;
- указать места прохода людей и движения транспорта;

- на строительной площадке должны устанавливаться указатели проездов и проходов, предупредительные знаки, надписи об опасных зонах и правила поведения в них;
- рабочие места монтажников должны быть оборудованы приспособлениями, обеспечивающими безопасность и надежность выполнения работ;
- не допускать беспорядочного хранения материалов, изделий и оборудования.

Механические травмы возможны при проведении спускоподъемных операций, при монтаже и демонтаже и неправильной эксплуатации бурового и другого оборудования.

Также особую опасность представляют вращающиеся элементы оборудования, поэтому по правилам безопасности все вращающиеся части должны быть ограждены кожухом или другими защитными элементами.

Острые кромки, заусеницы и шероховатость имеют место быть на поверхности инструментов и труб. При неосторожном и невнимательном обращении с инструментом или трубами можно нанести серьезную травму, вплоть до глубоких порезов, которые могут стать причиной заражения крови.

Мероприятия по устранению причин механических травм:

- согласно ГОСТ 12.2.062-81 необходима проверка наличия защитных ограждений, закрывающих доступ к движущимся частям машин и механизмов;
- плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств;
- проверка состояния и устранения дефектов смазочных устройств;
- очистка узлов и деталей от наружной грязи;
- проверка состояния ремней, цепей, тросов, проверка их натяжения;
- необходимо своевременно проводить инструктажи по технике безопасности.

Буровая бригада должна быть снабжена средствами индивидуальной защиты (таблица 26).

Таблица 26 – Индивидуальные средства защиты

Наименование средств защиты	Количество
Каски	5 шт.
Предохранительные пояса	1 шт.
Диэлектрические перчатки	1 пара
Кирзовые сапоги	5 пар
Резиновые сапоги	5 пар
Рукавицы брезентовые	5 пар
Костюм х/б	5 шт.
Защитные очки	2 шт.
Респиратор	5 шт.
Медицинская аптечка	1 шт.

*Электрический ток.*

Мероприятия по устранению поражений электрическим током:

- все оголённые токоведущие части закрываются в шкафы или устанавливаются на высоте;
- устройство заземления;
- применение малого напряжения питания согласно ССБТ ГОСТ 12.1.009-76;
- устройство зануления установки;
- использование защитных изолирующих средств;
- основные изолирующие средства (до 1000 В) способны длительное время выдерживать рабочее напряжение (диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными ручками, указатели напряжений), ими можно касаться токоведущих линий;

– дополнительные изолирующие средства (до 1000 В): диэлектрические боты, резиновые коврики. При применении этих средств недопустим контакт с токоведущими линиями.

Для защиты от поражения электрическим током используется система заземления, которая представляет собой контур шнуровых заземлений. Общее сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом для обеспечения безопасности работ.

#### *Расчет заземления*

Рассчитывается сопротивление одного электропровода производится по формуле:

$$R_{\text{э}} = 0,336 \cdot \left(\frac{\rho}{L}\right) \cdot \left(Lg\left(\frac{2L}{d}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \ln\left(4h + \frac{L}{4h} - L\right)\right), \quad (98)$$

где L – длина электропровода, L = 3 м;

d – диаметр электропровода, d = 0,05 м);

$\rho$  – удельное сопротивление грунта,  $\rho = 80$  Ом·м;

h – глубина заложения, h = 1 м.

$$R_{\text{э}} = 0,336 \cdot \left(\frac{80}{3}\right) \cdot \left(Lg\left(\frac{2 \cdot 3}{0,05}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \ln\left(4 \cdot 1 + \frac{3}{4 \cdot 1} - 3\right)\right) = 21,15 \text{ Ом.}$$

Необходимое число заземлений рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{R_{\text{доп}}}, \quad (99)$$

где  $R_{\text{доп}}$  – допустимое сопротивление заземления,  $R_{\text{доп}} = 4$  Ом.

$$n = \frac{21,15}{4} = 5,3 \text{ шт.}$$

Принимаем число заземлений n = 5 шт.

Сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = 0,336 \cdot \left(\frac{\rho}{L_n}\right) \cdot Lg\left(2 \cdot \frac{(L_n)^2}{(L_0 \cdot h_n)}\right) \cdot \eta, \quad (100)$$

где  $L_n$  – длина 1-го участка полосы, м;

$L_0$  – общая длина полосы, м;

$h_n$  – ширина полосы,  $h_n = 0,8$  м;

$\eta$  – сезонный коэффициент,  $\eta = 2$ .

$$L_n = 1,05 \cdot 2 \cdot L, \quad (101)$$

$$L_n = 1,05 \cdot 2 \cdot 3 = 6,3 \text{ м.}$$

$$L_0 = L_n \cdot n, \quad (102)$$

$$L_0 = 6,3 \cdot 5 = 31,5 \text{ м.}$$

$$R_n = 0,336 \cdot \left(\frac{80}{6,3}\right) \cdot Lg \left(2 \cdot \frac{(6,3)^2}{(31,5 \cdot 0,8)}\right) \cdot 2 = 4,25 \text{ Ом.}$$

Общее заземление контура определяется по формуле:

$$R = \frac{1}{\left(\left(\frac{n_{\text{ВЭ}}}{R_n}\right) \cdot n\right) + \left(\frac{n_{\text{ЭТ}}}{R_n}\right)}, \quad (103)$$

где  $n_{\text{ВЭ}}$  – коэффициент, учитывающий взаимное экранирование,  $n_{\text{ВЭ}} = 0,8$ ;

$n_{\text{ЭТ}}$  – коэффициент экранирования труб,  $n_{\text{ЭТ}} = 0,8$ .

$$R = \frac{1}{\left(\left(\frac{0,8}{21,14}\right) \cdot 5\right) + \left(\frac{0,8}{4,25}\right)} = 2,63 \text{ Ом;}$$

$R < R_{\text{доп}}$ , из чего следует, что рассчитанная схема заземления пригодна для использования. Схема заземления приведена на рисунке 15.

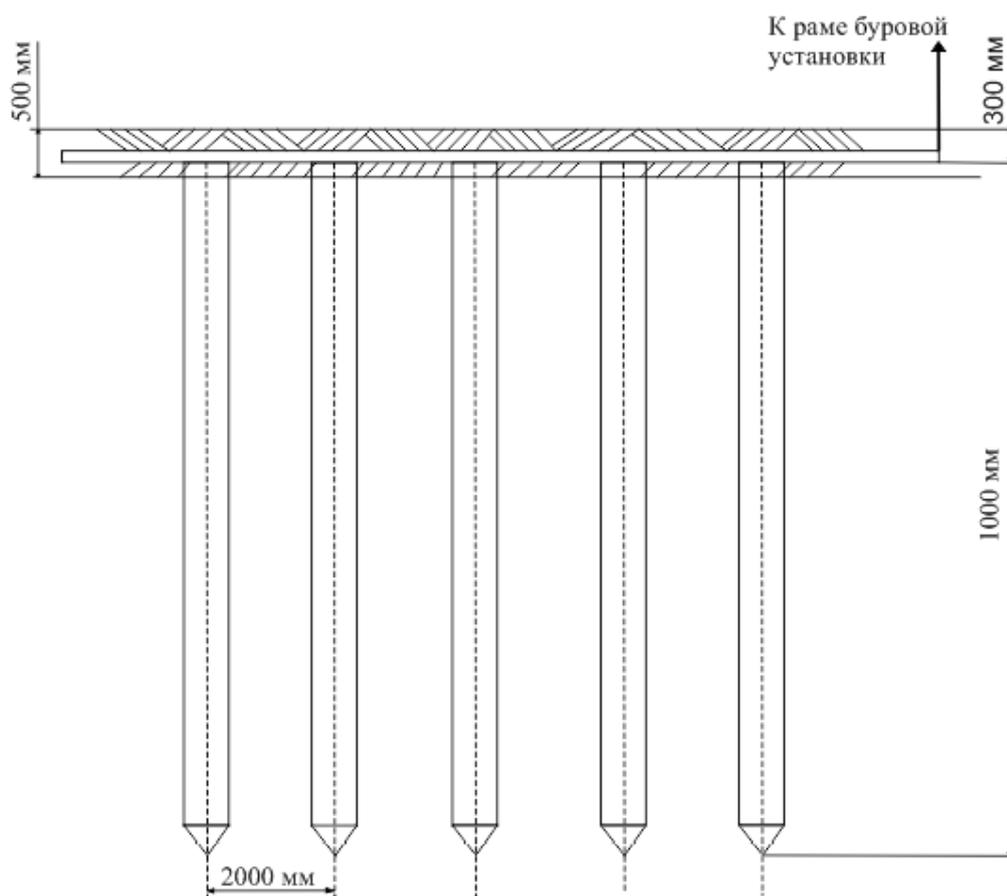


Рисунок 15 – Схема заземления

*Аппараты, работающие под давлением.*

Особую опасность на буровой установке несет буровой насос и гидросистема. Поэтому буровой насос должен быть иметь контрольно-измерительную аппаратуру.

Буровые насосы и их обвязка, компенсаторы, трубопроводы, шланги и сальники перед вводом в эксплуатацию и после каждого монтажа должны быть о прессованы водой на полуторное расчетное максимальное давление, предусмотренное геолого-техническим нарядом, но не выше максимального рабочего давления, указанного в техническом паспорте насоса. Предохранительный клапан насоса должен срабатывать при давлении ниже давления опрессовки.

Мероприятия по предотвращению производственного травматизма включают:

- обеспечение администрацией выполнения всего комплекса профилактических мер, требуемых правилами безопасности и, в первую очередь, проведение всех видов обучения, инструктаж по охране труда с трудящимися сотрудниками;

- снабжение работающих исправным инструментом, спецодеждой и спецобувью;

- использование на всех видах работ, где это необходимо, предохранительных поясов, защитных очков, рукавиц, резиновых перчаток и других средств индивидуальной защиты;

- оформление плакатов, предупреждающих надписей, других средств наглядной агитации по промышленной безопасности и охране труда.

### **3.3. Экологическая безопасность**

На защиту и восстановление земельных участков должны быть составлены и утверждены проекты и сметы, предусматривающие следующие мероприятия, подготовленные до процесса бурения, по охране в процессе бурения скважины и по восстановлению земельных участков. Комплексы восстановительных мероприятий после завершения геологоразведочных работ представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Вредные воздействия на окружающую среду и недра, и природоохранные мероприятия при геологоразведочных работах

Природные ресурсы, компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
1	2	3
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники и т. д. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора и др.
	Засорение почвы производственными отходами и мусором	Вывоз и захоронение производственных отходов (металлолом, керн, отвалы подземных горных выработок)
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности	Засыпка горных выработок
	Уничтожение сельскохозяйственной растительности	Оплата потрав
Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос. Использование вырубленной древесины

	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок, коммуникаций, поселков и др.	Попенная плата. Соблюдение нормативов отвода земель в заселенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение производственными сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами, минерализованными водами)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора: сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение или захоронение мусора
	Загрязнение бытовыми стоками	Очистные сооружения для бытовых стоков
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад, засыпка выработок в русле
	Загрязнение подземных вод при смещении различных водоносных горизонтов	Ликвидационный тампонаж буровых скважин
Недра	Нарушение естественных свойств геологической среды	Ликвидационный тампонаж скважины. Гидрогеологические, гидрохимические и инженерно-геологические наблюдения в скважинах и выработках
	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Тематические и научно-исследовательские работы по повышению комплексности изучения недр
	Неполное использование извлеченных из недр полезных компонентов	Организация рудных отвалов и складов, хранение образцов и проб шлихового золота и пр. ценных компонентов

Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и др. представителей животного мира, случайное уничтожение	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных. Профилактическая работа
	Браконьерство	

### 3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях (ЧС) необходимо выявить наиболее возможные. К ним относятся:

- природные;
- техногенные;
- военные.

Для района работ наиболее вероятными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера (пожары, взрывы и аварийные ситуации). Одной из самых вероятных ЧС являются пожары.

Пожар – это неконтролируемое горение, сопровождающееся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей.

Основные причины пожара: неосторожное обращение с открытым огнем (курение, костры, сварка, искры) электрооборудованием, халатность персонала, разряды статического электричества, удар молнии.

Основные меры устранения причин пожара: соблюдение правил пожарной безопасности и инструкций по эксплуатации технических средств. Должно быть специально отведено место для курения.

Запрещается заправлять работающий двигатель горючим и смазочным материалом, а также пользоваться для освещения открытым огнем при заправке баков с горючим и определении уровня горючего в баке.

Противопожарный щит должен быть установлен в 8...10 м от рабочего места бурильщика.

Перечень противопожарного инвентаря на буровой приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Противопожарный инвентарь

№ п/п	Наименование	Количество
1	Огнетушители пенные ОП-4	2 шт.
2	Огнетушители углекислотные ОУ-2	2 шт.
3	Ящик с песком емкостью 0,5 м <sup>3</sup>	1 шт.
4	Емкость с водой 250 л.	1 шт.
5	Комплект шанцевого инструмента:	
	Лопаты	2 шт.
	Багры	2 шт.
	Ломы	2 шт.
	Топоры	2 шт.
6	Противопожарные ведра	2 шт.
7	Противопожарный щит	1 шт.

Мероприятия противопожарной безопасности:

- проведение инструктажей по противопожарной безопасности и обучение работе с противопожарным инвентарем;
- огнетушители должны быть опечатаны и перезаряжаться в определенные сроки;
- разводить огонь не менее чем в 30 м от буровой установки;
- полы, стеллажи, верстаки необходимо систематически очищать от масляных, легковоспламеняющихся материалов.

Подъезды и подходы к зданиям, места расположения противопожарного инвентаря должны быть свободны, в ночное время освещены, в зимнее время расчищены. Площадки для хранения топлива и горюче смазочных материалов располагается не ближе 50 м от буровой установки. Резервуары с горючим надо

располагать в низких местах, чтобы, при возникновении пожара, разлитая горячая жидкость не могла стекать к нижестоящей буровой установке.

Для обеспечения безопасности необходимо разработать мероприятия по профилактике и защите людей и материальных ценностей.

Здание должно иметь запасной выход для эвакуации людей, обеспечивающий выход людей за определенное время.

Особые требования предъявляются к размещению огнетушителей. Их подвешивают на высоте не более 1,5 м от уровня пола до верхней точки огнетушителя и на расстоянии не менее 1,2 м от края двери при ее открывании.

Все лица, вновь принимаемые на работу, в том числе и временную, должны проходить первичный противопожарный инструктаж.

### **3.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **3.5.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства**

К самостоятельному выполнению работ по бурению скважин допускаются лица, возраст которых соответствует установленному законодательством, прошедшие медицинский осмотр в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, имеющие соответствующую квалификацию и допущенные к самостоятельной работе в установленном порядке. Перед допуском к самостоятельной работе рабочий проходит стажировку в течение 2...14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) под руководством специально назначенного лица.

Все рабочие, специалисты и студенты-практиканты при работе в районах, опасных по эпидемическим заболеваниям, подлежат обязательным предохранительным прививкам в порядке, устанавливаемом Министерством здравоохранения Российской Федерации.

Рабочий должен пройти инструктажи по безопасности труда:

- при приеме на работу – вводный и первичный на рабочем месте;
- в процессе работы не реже одного раза в 6 месяцев – повторный;

- при введении в действие новых или переработанных правил, инструкций по охране труда, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, нарушении требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме или аварии, перерывах в работе более чем 60 календарных дней – внеплановый.

Работа в условиях повышенной опасности должна производиться по наряду-допуску с указанием необходимых мер безопасности. Перечень работ, на выполнение которых необходимо выдавать наряд-допуск, и лица, уполномоченные на их выдачу, утверждаются главным инженером предприятия.

### **3.5.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При проведении буровых работ буровые установки обеспечиваются контрольно-измерительной аппаратурой, средствами механизации и автоматизации, согласно существующим требованиям. Буровые площадки должны иметь соответствующие размеры для размещения оборудования и проезда транспорта. Перед началом опасных работ (перевозка вышки, ликвидация аварий и осложнений и т.д.) буровым мастером (или лицом, его заменяющим) проводится дополнительный инструктаж по безопасному ведению работ

## **4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ПОДСОБНЫЕ ЦЕХА**

### **4.1. Организация ремонтной службы**

На базе бурового участка, расположенной в десяти километрах от станции Елань-Колено, имеется все необходимое оборудование для создания мелкого и простого инструмента и запасных частей – металлообрабатывающие станки, сварочный цех.

При поломке того или иного инструмента, буровой мастер делает запрос на его изготовление. Если изготовление инструмента возможно силами работников базы, то оно должно проводиться вне очереди. Изготовление инструмента должно проводиться в максимально короткие сроки с соблюдением необходимого качества.

Технические осмотры, профилактические и экстренные ремонты бурового оборудования и прочей техники проводятся силами буровой бригады непосредственно на буровых площадках, либо при необходимости на территории базы.

### **4.2. Организация энергосбережения**

Обеспечение электроэнергией силовых приводов буровой установки и средств освещения рабочих мест будет осуществляться при помощи дизельной электростанцией, входящей в комплект буровой установки.

Подключение к ЛЭП буровой установки нецелесообразно вследствие частого ее перемещения и невозможно, в виду ее отсутствия. При каждом переезде буровой установки электрические кабели придется протягивать заново, что может их повредить. Последнее может привести к коротким замыканием, и как следствие поражениям электрическим током персонала бурового участка.

### **4.3. Организация водоснабжения и приготовления буровых растворов**

При бурении скважин на данном участке будет использоваться глинистый буровой раствор. Замешивание глинистого раствора будет производиться силами буровой бригады непосредственной на буровой.

Для обеспечения водой будет использоваться «водовозка» на базе автомобиля УРАЛ-4320. Вода будет доставляться с действующей водонапорной скважины. Такая вода будет использована исключительно для технических нужд и приготовления бурового раствора.

Обеспечение буровой питьевой водой будет осуществляться силами буровой бригады – недалеко от участка проведения есть достаточно большое количество питьевых колонок с открытым доступом.

### **4.4. Транспортный цех**

Для организации работ на участке будет использоваться следующее транспортное оборудование:

1. Бульдозер Б-10М ЧТЗ – для организации площадок под буровые установки и, при необходимости, перевозки бурового оборудования.
2. Водовозный транспорт на базе автомобиля УРАЛ-4320 – для доставки технической воды на буровую.
3. Служебный транспорт, УАЗ-2206 и ГАЗ-33081 – для доставки различного персонала к месту проведения работ.
4. Грузовой транспорт, «длинновозы» на базе УРАЛ-4320 и УАЗ-2206– для доставки всех необходимых грузов к месту проведения работ.

При желании персонал буровой может пользоваться личным транспортом для прибытия к месту проведения работ.

#### **4.5. Связь и диспетчерская служба**

В целях повышения качества управления организуются диспетчерская служба. Основная задача диспетчерской службы – обеспечение ритмичности работы всех подразделений с учётом сложившейся обстановки.

Для выполнения поставленных задач диспетчерская служба осуществляет следующие функции:

1. Приём, анализ, обработка и распределение информации о состоянии производства работ, необходимой для составления и корректировки планов, а также регулирования производства;
2. Приём аварийных заказов и распределение их по цехам, информирование соответствующих специалистов об аварии и доставка их, в случае необходимости, к месту аварии, контроль за выполнением заказов обслуживающими цехами, обеспечение заказчиков ресурсами со складов организации, доставка необходимых ресурсов заказчику;
3. Ведение ежедневного учёта выполняемых работ;
4. Передача распоряжений руководителей организации.

Участок буровых работ находится в достаточной близости с населенными пунктами, поэтому связь участка буровых работ с базой будет осуществляться с помощью мобильных телефонов. Также мобильные сети позволяют при необходимости осуществлять связь между буровыми бригадами и руководящим персоналом без участия диспетчерской службы, что может ускорить процессы решения различных вопросов.

## **5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ МНОГОСТВОЛЬНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН**

### **5.1. Задачи, решаемые с помощью бурения многоствольных скважин**

Согласно классификации основных задач, решаемых средствами направленного бурения, для многоствольных скважин можно составить собственный список основных задач:

1. Сокращение затрат на решение геологической задачи.

1.1. Многократное пересечение рудных тел многоствольными геологическими скважинами взамен одноствольных;

1.2. Поиски слепых рудных тел, прогнозируемых на основании геофизических данных, путем бурения коротких дополнительных стволов из основного ствола;

1.3. Получение пластопересечений на соседних профилях путем бурения пространственноискривленных стволов из основного ствола, взамен одноствольных скважин;

1.4. Отбор технологических проб полезного ископаемого большого веса путем бурения многоствольных многоярусных скважин взамен горных выработок или большего числа одноствольных скважин.

2. Повышение качества геологической информации.

2.1. Уточнение геологических структур путем бурения коротких дополнительных стволов из основного ствола;

2.2. Прослеживание и оценка жильных ответвлений (апофиз) путем бурения коротких дополнительных стволов из основного ствола или из предыдущих дополнительных стволов;

2.3. Уточнение угла падения пласта путем бурения одного короткого дополнительного ствола по восстанию залежи.

3. Борьба с осложнениями.

3.1. Повторное пересечение пласта полезного ископаемого при его пропуске или плохом выходе керна путем бурения короткого дополнительного ствола по восстанию залежи;

3.2. Обход мест сложных аварий путем зарезки дополнительного ствола выше места обрыва и обхода места аварии дополнительным стволом.

Если же рассматривать укрупненно, то направленное бурение должно удовлетворять трем основным требованиям:

1. Пересечение толщи пород или залежи полезного ископаемого по определенной сети в пределах допустимых отклонений забоев скважин от заданных проектом точек;

2. Обеспечение наименьших затрат средств и времени на выполнение геологического задания;

3. Проведение скважин по наиболее рациональному в каждом конкретном случае траекториям.

## **5.2. Типовые профили многоствольных скважин**

С учетом решаемых геологоразведочных задач, закономерностей искривления, требований методики разведки и технических возможностей определяются типовые профили многоствольных скважин. При этом выделяется также несколько типов профилей с вертикальным или наклонным начальным положением основного ствола и различным расположением дополнительных:

1. Веерообразный профиль многоствольных скважин с одно- или многоярусным расположением дополнительных стволов. Такой тип профилей рекомендуется применять при разведке горизонтальных или пологопадающих залежей пластового или линзообразного вида (рисунок 16, а);

2. Гребенчатый или вилообразный профиль скважин с вертикальным, наклонным или вертикально-наклонным положением основного и односторонним направлением дополнительных стволов можно применять при разведке круто- или вертикально залегающих залежей пластового или более сложного типа вытянутой формы (рисунок 16, б, в);

3. Перистый тип профиля многоствольных скважин с вертикальным, наклонным или вертикально-наклонным положением основного ствола. Такой тип рационально применять при изучении крутопадающих или вертикально залегающих штокообразных и трубообразных залежей, мелких залежей неправильной формы (гнезда, вкрапления и т.д.), а также залежей пластового типа, имеющих форму антиклинальных или синклиналиных складок с крутым падением крыльев (рисунок 16, г, д);

4. Сложно искривленный или комбинированный профиль скважин с меняющимся на  $180^\circ$  азимутальным направлением основного и дополнительных стволов. Такой тип профиля многоствольных скважин используется при разведке пластообразных или линзообразных залежей, приуроченных к структурам типа опрокинутых складок (рисунок 16, е).

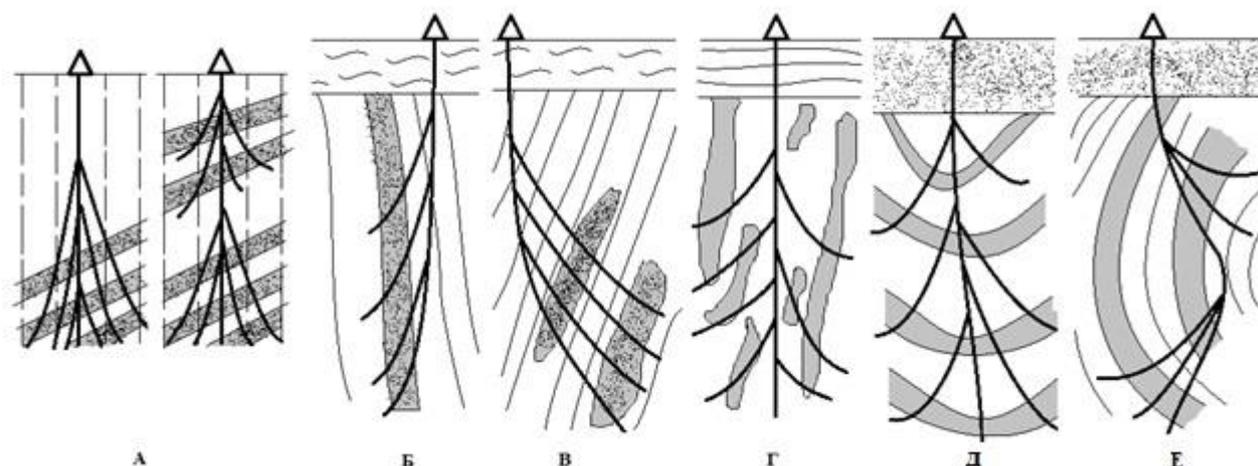


Рисунок 16 – Типовые профили многоствольных скважин:

а – веерообразный профиль; б, в – гребенчатый или вилообразный профиль;  
г, д – перистый профиль; е – комбинированный профиль

### 5.3. Методика проектирования многоствольных скважин

При проектировании многоствольных скважин основной задачей является правильный выбор и расчет траекторий их основных и дополнительных стволов. Для этого требуется определить следующие параметры: глубину забуривания и длину дополнительных стволов, проектные зенитные углы и

азимуты по траектории каждого дополнительного ствола, количество циклов искусственного искривления, углы постановки отклонителей. Траектория дополнительного ствола должна быть спроектирована таким образом, чтобы затраты времени и средств на его проведение в заданный пункт разведочной сети был минимальным.

Основной ствол проектируется с учетом закономерностей естественного искривления на данном участке месторождения по рекомендуемой методике.

Форма рациональной траектории дополнительного ствола должна быть такой, чтобы обеспечивать достижение заданного пункта разведочной сети с наименьшими затратами времени и средств. Она зависит от конструкции отклонителей, которыми производится искусственное искривление. Если искусственное искривление осуществляется без существенного снижения производительности бурения, то рациональной следует считать траекторию дополнительного ствола, составленную из дуги окружности минимально возможного для данных технических средств или допустимого радиуса. Такое искусственное искривление можно получить, применяя различные компоновки (шарнирные с опорой на коронки, с промежуточной опорой и др.) и отклоняющие снаряды непрерывного действия.

В случае, когда искусственное искривление снижает производительность бурения (отклонители дискретного действия, клинья и др.) может быть рекомендована двухинтервальная траектория, составленная из двух участков: верхнего – криволинейного и нижнего – прямолинейно-наклонного. Криволинейный участок дополнительного ствола бурят по дуге окружности (ее радиус определяется конструкцией отклоняющего устройства, прочностными характеристиками бурильных труб и техническим состоянием ствола скважины – возможностью желобообразования и др.) На прямолинейно-наклонном участке искусственные отклонители не применяются, его бурят с учетом естественного искривления.

### 5.3.1. Проектирование траектории направленной скважины с учетом естественного искривления без применения средств искусственного искривления

По формуле  $R_1 = \frac{57,325^\circ}{i_{\text{сп}}^1}$  вычисляется радиус искривления скважины  $R_1$ , рассчитывается зенитный угол скважины  $\theta_1$  в точке пересечения пласта и глубине скважины из выражения:

$$L = 0,01745 \cdot R_1 \cdot \theta_1. \quad (104)$$

Точка забуривания скважины находится на расстоянии  $b$  от проекции на поверхность точки пересечения пласта и определяется из выражения:

$$b = R_1 - \sqrt{R_1^2 - h^2}. \quad (105)$$

Графически точка забуривания направленной скважины находится как пересечение с поверхностью типовой кривой, совмещенной с проектной точкой пересечения пласта.

### 5.3.2. Проектирование траектории направленной скважины без учета естественного искривления с применением средств искусственного искривления

Если интенсивность естественного искривления незначительна и скважину можно считать вертикальной (приложение 6, а), радиус кривизны искусственного искривления интервала рассчитывается по формуле:

$$R_1 = \frac{57,325^\circ}{i_{\text{иск}}}. \quad (106)$$

Зенитный угол скважины ( $\theta_2$ ) в точке пересечения пласта будет равен:

$$\theta_2 = 90^\circ - \gamma_2 + \alpha, \quad (107)$$

где  $\gamma_2$  – угол встречи направленной скважины с пластом, град;

$\alpha$  – угол падения пласта, град.

Если зенитный угол окажется большим, чем  $45^\circ$ , то в дальнейших расчетах его необходимо принимать равным  $45^\circ$ .

Набор кривизны  $\theta = \theta_2$ .

Глубина начала искусственного искривления  $L_{заб}$  и расстояние от проекции на поверхность точки пересечения пласта до устья скважины  $b$  определяется из выражений:

$$L_{заб} = h - R \sin \theta,$$

$$b = R(1 - \cos \theta).$$

Глубина направленной скважины равна:

$$L_{напр} = L_{заб} + l_1 + l_2, \quad (108)$$

где  $l_1$  – длина участка искусственного искривления, м;

$l_2$  – видимая мощность толщи, пересекаемая скважиной после окончания искусственного искривления.

$$l_1 = \frac{\theta}{i_{иск}}. \quad (109)$$

При графическом построении через точку А пересечения пласта проводится линия под углом  $\gamma_2$  к пласту и к ней в точке А – перпендикуляр длиной R. Полученная точка О – центр окружности радиуса R, которым проводится дуга до сопряжения с вертикалью. Точка сопряжения будет началом интервала искусственного искривления. Глубина начала искусственного искривления  $L_{заб}$ , длина интервала искусственного искривления  $l_1$ , набор кривизны  $\theta$ , глубина скважины L и точка ее забуривания определяются по разрезу.

Расчет траектории направленной скважины с начальным зенитным углом  $\theta_0 \neq \theta$  следует начинать с определения величины набора кривизны на участке искусственного искривления по формуле:

$$\theta = \theta_2 - \theta_0, \quad (110)$$

где  $\theta_2$  – зенитный угол скважины в точке пересечения пласта, определяемый из выражения:

$$\theta_2 = 90^\circ + \alpha_{вид} - \gamma'_2, \quad (111)$$

где  $\alpha_{\text{вид}}$  – видимый угол падения пласта в апсидальной плоскости скважины, град;

$\gamma'_2$  – угол встречи скважины после окончания искусственного искривления, град.

Длина участка искусственного искривления  $l_1$  находится из формулы (109). Тогда глубина начала искусственного искривления будет:

$$L_{\text{заб}} = \frac{h - R(\sin\theta_2 - \sin\theta_0)}{\sin\theta}. \quad (112)$$

Расстояние от проекции на поверхность точки пересечения пласта до точки забуривания скважины составит:

$$b = \frac{h \cdot \sin\theta_0 + R(1 - \cos\theta)}{\cos\theta_0}. \quad (113)$$

Видимая мощность пересекаемого скважиной интервала рудной толщи с целевыми пластами  $l_2$  определяется по разрезу, а глубина скважины  $L_{\text{напр}}$  находится по формуле (108).

При графическом построении профиля направленной скважины вычисляется угол встречи в апсидальной плоскости  $\gamma'_2$  по формуле (114), под которым через точку А проводится линия, и далее все выполняется так же, как и для вертикальной скважины.

$$\gamma'_2 = \arcsin \frac{\sin\gamma_2 \cdot \cos\alpha_{\text{вид}}}{\cos\alpha}. \quad (114)$$

### 5.3.3. Проектирование траектории направленной скважины с учетом естественного искривления и применением средств искусственного искривления

Определив радиусы кривизны участков скважины до и после искусственного искривления  $R_1$  и  $R_2$  и средний азимут скважины  $\sigma_h$  на глубине  $h$  соответственно по формулам (104) и:

$$\sigma_h = \frac{\sum_1^m \sigma_\tau}{m}, \quad (115)$$

где  $\sigma_\tau$  – азимуты скважин-аналогов на глубине  $h$ , град;

$m$  – количество скважин-аналогов, шт;

необходимо найти угол встречи в апсидальной плоскости скважины  $\gamma'_2$  и формулы (114), а зенитный угол  $\theta_2$  – (111). Глубина начала искусственного искривления (приложение 6, б) будет:

$$L_{\text{заб}} = 0,01745 \cdot R_1 \cdot \arcsin \frac{h - R \sin \theta_2}{R_1 - R}, \quad (116)$$

а набор кривизны на участке искусственного искривления:

$$\theta = \theta_2 - \arcsin \frac{h - R \sin \theta_2}{R_1 - R}. \quad (117)$$

Длина участка искусственного искривления определяется из формулы (109). Расстояние от проекции на поверхность точки пересечения пласта до устья скважины составляет:

$$b = R_1 - \sqrt{R_1^2 - 2R_1R + 2R^2 + 2R(R_1 - R)\cos\theta - h^2}. \quad (118)$$

Длина участка скважины после окончания искусственного искривления равна:

$$l_2 = 0,01745R_2 \left[ \gamma'_2 - 90^\circ + \arcsin \left( \cos\gamma'_2 + \frac{AY \sin\gamma'_2}{R_2} \right) \right], \quad (119)$$

где  $AY$  – видимая мощность пересекаемого скважиной интервала рудной толщи, если бы скважина не искривлялась. Тогда глубина скважины  $L_{\text{напр}}$  находится по формуле (108).

Расчет профиля направленной скважины графическим способом необходимо начинать с определения угла встречи в апсидальной плоскости скважины  $\gamma'_2$ . Затем через точку А пересечение пласта проводится линия под углом  $\gamma'_2$  и на перпендикуляре к ней на расстоянии  $R$  находится центр окружности О, из которого этим радиусом проводится дуга. Типовые кривые, построенные для участков скважины до и после искусственного искривления, накладываются так, чтобы первая была касательной к этой дуге и пересекала поверхность, а вторая – касательной к дуге в точке А. Расстояние от поверхности до точки сопряжения по оси скважины дуги с первой типовой кривой даст глубину начала искусственного искривления  $L_{\text{заб}}$ , расстояние от этой точки до

точки А – длину интервала искусственного искривления  $l_1$ , а угол, отсчитанный по этой дуге, будет углом набора кривизны  $\theta$ .

### 5.3.4. Проектирование траектории многоствольной плоскоискривленной скважины без учета естественного искривления

Если скважина забурена вертикально, то длина основного ствола  $L=h$  (приложение 6, в). Угол встречи основного ствола  $\gamma_1$  будет:

$$\gamma_1 = 90^\circ + \alpha.$$

Зенитный угол дополнительного ствола в точке пересечения пласта  $\theta_2$  определяется из формулы:

$$\theta_2 = \mp 90^\circ \mp \gamma'_2 \mp \alpha_{\text{вид}}. \quad (120)$$

Набор кривизны  $\theta = \theta_2$ , а длина участка искусственного искривления находится по формуле (109). Длина прямолинейной части дополнительного ствола будет равна:

$$l_2 = \frac{H \cdot \sin \gamma_1 - R \cdot (1 - \cos \theta)}{\sin \theta}, \quad (121)$$

а общая длина дополнительного ствола:

$$L_{\text{доп}} = l_1 + l_2. \quad (122)$$

Глубина забуривания дополнительного ствола:

$$L_{\text{заб}} = L - \frac{H \cdot \sin \gamma_1 - R \cdot (1 - \cos \theta)}{\sin \theta}. \quad (123)$$

При разведке месторождений наклонными и вертикальными скважинами с незначительным зенитным искривлением участок основного ствола между проектной точкой пересечения пласта и точкой забуривания дополнительного можно считать прямолинейным. Основной ствол на глубине  $h$  будет иметь зенитный угол  $\theta_1 = \theta_0$  и длину  $L = \frac{h}{\cos \theta_1}$ , если он наклонный. При вертикально забуренном основном стволе, а затем искривившемся зенитный угол  $\theta_1$  в точке пересечения пласта находится по формуле  $\theta_1 = \arcsin \frac{h}{R_1}$  при радиусе искривления  $R_1$ , а глубина его  $L$  рассчитана по формуле (104), угол встречи  $\gamma'_1$  в

апсидальной плоскости ( $\gamma'_1 = 90^\circ + \alpha_{\text{вид}} - \theta_1$ ), угол встречи дополнительного ствола  $\gamma'_2$  в апсидальной плоскости основного – формула (114) и его зенитный угол  $\theta_2$  – (120). Набор кривизны на участке искусственного искривления:

$$\theta = (\gamma'_1 + \gamma'_2). \quad (124)$$

Длина интервала искусственного искривления  $l_2$  определяется из формулы (109), длина прямолинейного участка дополнительного ствола  $l_2$  – (121), длина дополнительного ствола  $L_{\text{доп}}$  – (122), глубина забуривания дополнительного ствола  $L_{\text{заб}}$  – (123).

Если при расчете прямолинейной части дополнительного ствола  $l_2$  ее величина оказывается отрицательной, это свидетельствует о том, что дополнительный ствол пересекает пласт, не успев набрать заданный угол встречи  $\gamma'_2$  и состоит только из интервалов искусственного искривления. В этом случае набор кривизны на участке искусственного искривления составляет:

$$\theta = \arccos \frac{R - H \cdot \sin \gamma'_1}{R}.$$

Угол встречи дополнительного ствола с пластом в апсидальной плоскости основного будет:

$$\gamma'_2 = \gamma'_1 \mp \theta,$$

где выполаживанию дополнительного ствола соответствует знак минус, а выкручиванию – плюс.

Глубина забуривания дополнительного ствола будет равна:

$$L_{\text{заб}} = L - \frac{H \cdot (\sin \gamma'_1 + \sin \gamma'_2)}{\sin \theta}.$$

Длина дополнительного ствола  $L_{\text{доп}}$  равна длине участка искусственного искривления  $l_1$ .

При графическом построении профиля многоствольной скважины определяется угол падения пласта в плоскости разреза  $\alpha_{\text{вид}}$  и угол встречи дополнительного ствола  $\gamma'_2$  в апсидальной плоскости основного. Затем проводится ось основного ствола и от точки пересечения ее с пластом на расстоянии  $H$  под углом  $\gamma'_2$  к пласту – линия, по которой будет буриться

дополнительный ствол. На расстоянии  $R$  проводятся две линии параллельно основному и дополнительному стволам. В случае криволинейного основного ствола проводится дуга радиусом  $(R_1 - R)$  и линия, параллельная дополнительному стволу. Точка их пересечения будет центром окружности радиуса  $R$ .

Точки сопряжения ограничивают интервал искусственного искривления, а центральный угол дуги сопряжения будет углом набора кривизны  $\theta$ .

Графическое построение многоствольной скважины с одноинтервальным дополнительным стволом, буримым по дуге окружности радиуса, производится таким же образом, как и построение направленной скважины без учета ее естественного искривления.

### **5.3.5. Проектирование траектории многоствольной плоскоискривленной скважины с учетом естественного искривления**

Расчет траектории многоствольной скважины с учетом естественного искривления (приложение б, г) начинается с определения радиусов кривизны основного  $R_1$  и дополнительного  $R_2$  стволов, угол между проекциями на горизонтальную плоскость линии падения и оси основного ствола:

$$\beta = (\delta_h - \delta_0); \quad (125)$$

зенитный угол основного ствола в точке пересечения пласта  $\theta_1$ , видимые углы встречи основного  $\gamma'_1$  и дополнительного  $\gamma'_2$  стволов.

Затем рассчитываются: набор кривизны  $\theta$ , глубина основного ствола  $L$ , длина участка искусственного искривления  $l_1$ , длина участка дополнительного ствола после окончания искусственного искривления  $l_2$ , длина дополнительного ствола  $L_{\text{доп}}$ , глубина его забуривания  $L_{\text{заб}}$ .

Отрицательное значение величины интервала дополнительного ствола, буримого после окончания искусственного искривления, свидетельствует о том, что заданный отход  $H$  достигается при бурении скважины по дуге окружности  $R$ . Параметры такой скважины определяются по тем же формулам, что и при

двухинтервальном дополнительном стволе, кроме набора кривизны  $\theta$ , угла встречи дополнительного ствола в апсидальной плоскости основного  $\gamma'_2$  и глубины забуривания дополнительного стволов. При выполаживании дополнительного ствола берется верхний ряд знаков, а при выкручивании – нижний:

$$\theta = \arccos \frac{\pm H \left( \frac{H}{2} \mp R_1 \cdot \sin \gamma'_1 \right) + R(R_1 \mp R)}{R(R_1 \mp R)}, \quad (126)$$

$$\gamma'_2 = \gamma'_1 \mp \theta + \arcsin \frac{R \cdot \sin \theta}{\sqrt{R_1^2 + H^2 \mp 2R_1 \cdot H \cdot \sin \gamma'_1}} \mp \frac{H \cdot \cos \gamma'_1}{\sqrt{R_1^2 + H^2 \mp 2R_1 \cdot H \cdot \sin \gamma'_1}}, \quad (127)$$

$$L_{\text{заб}} = L - 0,01745R_1(\gamma'_2 - \gamma'_1 \pm \theta). \quad (128)$$

Длина дополнительного ствола при этом  $L_{\text{доп}} = l_1$ .

Проектирование профиля многоствольной скважины с учетом естественного искривления графическим способом начинается с построения типовых кривых для основного и дополнительного стволов на кальке. Накладывают типовую кривую основного ствола так, чтобы начало ее совпало с линией поверхности на разрезе, а трасса – с проектной точкой пересечения пласта. Типовую кривую дополнительного ствола накладывают так, чтобы она прошла через проектную точку А пересечения пласта и была касательной в этой точке к линии, проведенной под углом  $\gamma'_2$  к пласту.

Сопряжение кривых производится дугой радиуса  $R$  (радиус кривизны искусственного искривления), центр которой находится в точке их пересечения (перенесенных параллельно самим себе на расстояние  $R$ ). Точки сопряжения ограничивают интервал искусственного искривления, а центральный угол, стягивающий дугу, равную длине этого интервала, соответствует углу набора кривизны.

При одноинтервальном дополнительном стволе построения ведутся точно так же, но центр окружности сопряжения находится на расстоянии  $R$  по перпендикуляру в точке пересечения пласта к линии, проведенной под углом  $\gamma'_2$ .

### 5.3.6. Проектирование траектории многоствольной пространственно-искривленной скважины

В многоствольной пространственно-искривленной скважине дополнительный ствол искривляется в плоскости, лежащей под углом к апсидальной плоскости основного ствола. При расчете такой скважины учитывается ее зенитное и азимутальное искривление, но предполагается, что зенитный и азимутальный углы в интервале от точки забуривания дополнительного ствола до пересечения основным стволом пласта остаются постоянными (приложение б, д).

Углы в плоскости пласта выражаются следующими зависимостями:

$$\beta' = \arctg(\operatorname{tg}\beta \cdot \cos\alpha), \quad (129)$$

$$\eta' = \arctg(\operatorname{tg}\eta \cdot \cos\alpha), \quad (130)$$

$$\varphi' = 180^\circ - \beta' - \eta'. \quad (131)$$

Угол встречи основного ствола в апсидальной плоскости будет:

$$\gamma_1'' = 90^\circ + \alpha_{\text{вид}} - \theta_1, \quad (132)$$

а угол встречи основного ствола:

$$\gamma_1 = \arcsin \frac{\sin\gamma_1'' \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{\text{вид}}}. \quad (133)$$

Тогда при определении параметров многоствольных пространственно-искривленных скважин в формулах необходимо брать верхний ряд знаков при:

$$180^\circ - \beta' - \arccos \frac{\cos\gamma_1''}{\cos\gamma_1'} \geq \eta' \geq 0, \text{ если } \beta' \leq 90^\circ,$$

средний при:

$$180^\circ - \beta' \geq \eta' \geq 180^\circ - \beta' - \arccos \frac{\cos\gamma_1''}{\cos\gamma_1'}, \text{ если } \beta' \leq 90^\circ,$$

нижний при:

$$180^\circ - \beta' \geq \eta' \geq 0, \text{ если } \beta' \geq 90^\circ.$$

Угол встречи основного ствола в плоскости искусственного искривления дополнительного ствола:

$$\gamma'_1 = 180^\circ - \arcsin \frac{\sin \gamma_1}{\operatorname{sinarctg} \frac{\cos \alpha \cdot \sin \gamma_1''}{- \sin \theta_1 \cdot \sin \varphi' + \sin \alpha \cdot \sin \eta' \cdot \sin \gamma_1''}}. \quad (134)$$

Угол встречи дополнительного ствола в плоскости его искусственного искривления:

$$\gamma'_2 = \arcsin \frac{\sin \gamma_2}{\operatorname{sinarctg} \frac{\cos \alpha \cdot \sin \gamma_1''}{- \sin \theta_1 \cdot \sin \varphi' + \sin \alpha \cdot \sin \eta' \cdot \sin \gamma_1''}}. \quad (135)$$

Зенитный угол дополнительного ствола в точке окончания искусственного искривления:

$$\theta_2 = \arccos \left\{ \left[ \frac{\sin \gamma_2 \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \cos \gamma_2}{+} \right] \cdot \cos \left[ \arcsin \frac{\operatorname{tg} \gamma_2 \left( \frac{- \sin \theta_1 \cdot \sin \varphi' + \sin \alpha \cdot \sin \eta' \cdot \sin \gamma_1''}{+} \right)}{\cos \alpha \cdot \sin \gamma_1''} \right] \right\}. \quad (136)$$

Тогда набор кривизны на участке искусственного искривления:

$$\theta = \gamma'_1 - \gamma'_2.$$

Приращение азимута дополнительного ствола на участке искусственного искривления:

$$\Delta \delta = \arccos \frac{\cos \theta - \cos \theta_1 \cdot \cos \theta_2}{\sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2}. \quad (137)$$

Угол постановки отклонителя:

$$\psi = 180^\circ - \arccos \frac{\cos\theta_2 - \cos\theta \cdot \cos\theta_1}{\sin\theta \cdot \sin\theta_1}. \quad (138)$$

Длина основного ствола  $L$  определяется из формулы (104), длина участка искусственного искривления  $l_1$  – (109), длина прямолинейного участка дополнительного ствола  $l_2$  – (121), длина дополнительного ствола  $L_{\text{доп}}$  – (122), глубина его забуривания  $L_{\text{заб}}$  – (123).

При отрицательном значении  $l_2$ , что свидетельствует о том, что дополнительный ствол состоит только из интервала искусственного искривления, после определения угла встречи основного ствола в плоскости искусственного искривления дополнительного  $\gamma'_1$  по формуле (134) с верхним рядом знаков необходимо определить набор кривизны на участке искусственного искривления по формуле:

$$\theta = \arccos \frac{R - H \cdot \sin\gamma'_1}{R}.$$

Тогда угол встречи дополнительного ствола в точке окончания искусственного искривления будет:

$$\theta_2 = \frac{1}{2 \cdot \sin\gamma'_2 \cdot \sin\gamma''_1 \cdot \sin\gamma'_1 \cdot \cos\alpha_{\text{вид}}} \cdot \{ \cos^2\alpha_{\text{вид}} \cdot (\sin^2\gamma'_1 - \sin^2\theta) + \sin^2\gamma'_2 \cdot (\sin^2\gamma''_1 - \sin^2\theta) + 2\sin\gamma'_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta \cdot \cos\alpha_{\text{вид}} \cdot \cos\varphi' \}. \quad (139)$$

Приращение азимута дополнительного ствола на участке искусственного искривления  $\Delta\delta$  и угол установки отклонителя  $\psi$  определяются по формулам (137) и (138). Глубина забуривания дополнительного ствола равна:

$$L_{\text{заб}} = L - \frac{H \cdot (\sin\gamma'_1 + \sin\gamma'_2)}{\sin\theta}. \quad (140)$$

Если при бурении основного ствола происходит отклонение его траектории от расчетной, то перед бурением дополнительного ствола необходимо рассчитать его траекторию, учитывая фактическое искривление основного ствола.

## 5.4. Обоснование рациональности бурения многоствольных

### скважин

Меняя значения средней интенсивности искусственного искривления можно получить множество вариантов технически возможного профиля дополнительного ствола и, соответственно точек его зарезки. Однако, только единственный вариант будет соответствовать требованию выполнения геологической задачи при минимальной величине затрат – *оптимальный вариант*.

Реальный профиль дополнительного ствола имеет довольно сложную структуру. Верхняя начальная часть дополнительного ствола представляет собой серию интервалов бурения отклонителями, чередующихся с интервалами бурения специальными компоновками и интервалами применения обычных снарядов. Бурение нижней части дополнительного ствола производится обычными снарядами при обычной технологии.

Конечная *техническая* задача бурения многоствольной скважины заключается в получении заданного отхода дополнительного ствола от основного. При этом увеличение отхода достигается не только в период бурения отклонителями, но и при бурении обычными снарядами, как промежуточных участков между интервалами искусственного искривления, так и в нижней части дополнительного ствола.

В целом, производительность при бурении дополнительных стволов оказывается выше, чем при бурении соответствующих интервалов основного ствола. Это объясняется следующими факторами:

1. Бурение основных стволов ведется в менее изученных условиях.
2. При бурении основных стволов принимается ряд мер, препятствующих интенсивному зенитному искривлению: увеличение длины снаряда, бурение при пониженном давлении на забой, применение мелкой дроби, запрещение в ряде случаев использования стальной дроби-сечки. При бурении дополнительных

стволов эти ограничения снимаются, режим бурения в определенной мере форсируется.

3. Дополнительные стволы пересекают породы под большим углом встречи, чем основные стволы. В анизотропных породах буримость при этом улучшается.

4. При бурении дополнительных стволов на определенном интервале предъявляются менее жесткие требования к выходу керна

## **6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Обеспечение высокого качества кадрового потенциала является решающим фактором эффективности производства и конкурентоспособности продукции. Руководители понимают, что без хорошо подготовленного персонала высокой эффективности производства практически невозможно, даже при наличии новейших технологий и благоприятных внешних условий труда. Без квалификационных кадров ни одна организация не сможет достигнуть своих стратегических целей.

### **6.1. Организационно-экономическая характеристика предприятия**

ООО «Росгеоперспектива» находится в г. Челябинск Челябинской области. Полное название предприятия – Общество с ограниченной ответственностью «Росгеоперспектива».

Группа предприятий «Росгеоперспектива» была основана 12 июня 1997 года. Компания является частным независимым предприятием, объединяющим ряд предприятий, занимающихся геологическим изучением рудных и нерудных месторождений на территории Челябинской, Воронежской, Свердловской, Оренбургской областей РФ, Республики Коми, Чукотского АО, Дальнего Востока, Республики Казахстан и Кыргызской Республики.

## 6.2. Техничко-экономическое обоснование выполнения

### проектируемых работ

#### 6.2.1. Технический план

Виды и объем проектируемых работ приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем
1	<i>1. Подготовительный период и проектирование</i>		
2	<i>1.1. Сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по району исследований</i>		
3	Выписки текста	100 стр.	28
4	Выписки таблиц	100 стр.	7
5	Выборки чертежей	100 черт.	1,5
6	<i>1.2. Составление предварительных графических материалов</i>		
7	Составление схемы геологической изученности района работ, масштаб 1:200000	чертеж	1
8	Составление схемы геофизической изученности района работ, масштаб 1:200000	чертеж	1
9	Составление предварительного геолого-поискового плана Ёлкинского м, м-б 1:10000	8 км <sup>2</sup>	0,1
10	Составление текстовой части проекта на геологические работы	чел/мес	2
11	<i>2. Полевые работы</i>		
12	<i>2.1. Буровые работы</i>		
13	Бурение передвижной буровой установкой ПБУ-1200 с применением ССК-76	п. м.	4030
14	<i>2.3. Отбор и обработка проб</i>		
15	Отбор точечных (литохимических) проб по керну скважин	100 проб	19,7
16	<i>2.4. Геофизические исследования</i>		
17	<i>2.4.1. Геофизические исследования скважин</i>		
18	Основной комплекс: два зонда КС, ГК-ГГК, кавернометрия	отр-смен на 1000 м.	1,5485

## 6.2.2. Расчет затрат времени, труда по видам работ

### Подготовительные работы и проектирование

*Сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по площади исследований*

**Общий объем** сбора информации составит:

- текстовая – 2800 страниц;
- табличная – 700 страниц;
- графическая – 150 листов.

Содержание работ будет соответствовать ССН-92, вып. 1, ч. 1, т. 17.

Затраты времени на сбор информации посредством выписки текста составят  $2800/100 \times 1,08 = 30,24$  смен или 1,19 мес.

Затраты времени на сбор информации посредством выписки таблиц составят  $700/100 \times 1,19 = 8,33$  смен или 0,33 мес.

Затраты времени на сбор информации (графических приложений) посредством выборки чертежей для копирования составят  $1500/100 \times 0,22 = 3,3$  смен или 0,13 мес.

**Общие затраты** времени на сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по территории исследований составят:

$$30,24 + 8,33 + 3,3 = 41,87 \text{ смен или } 1,65 \text{ мес.}$$

**Затраты труда** по сбору информации составят (ССН-92, вып. 1, ч. 1, п. 34):

- начальник партии –  $0,04 \times 41,87 = 1,67$  чел/смен;
- геолог 1 категории –  $1 \times 41,87 = 41,87$  чел/смен.

### Составление предварительных графических материалов

*Составление схемы геологической изученности района работ масштаба 1:200000*

**Объем работ** – 1 чертеж размером 2,8 дм<sup>2</sup>.

**Затраты времени** на изготовление обзорной карты района работ (ССН-92, в. 1, ч. 2, т. 16, стр. 3, гр.5) составят  $2.8/3 \times 1,85 = 1,73$  смен или 0,07 мес.

**Затраты труда** составят (ССН, вып. 1, ч. 2, т. 15, п. 51):

– начальник партии –  $0,04 \times 1,73 = 0,07$  чел/дн;

– техник-геолог 2 категории –  $1 \times 1,73$  дн = 1,73 чел/дн.

*Составление схемы геофизической изученности района работ, масштаб 1:200000*

**Объем работ** – 1 чертеж размером 2,8 дм<sup>2</sup>.

**Затраты времени** на изготовление обзорной карты района работ (ССН-92, в. 1, ч. 2, т. 16, стр. 3, гр.5) составят  $2.8/3 \times 1,85 = 1,73$  смен или 0,07 мес.

**Затраты труда** составят (ССН, вып. 1, ч. 2, т. 15, п. 51):

– начальник партии –  $0,04 \times 1,73 = 0,07$  чел/дн;

– техник-геолог 2 категории –  $1 \times 1,73$  дн = 1,73 чел/дн.

*Составление предварительного геолого-поискового плана участка, масштаб 1:10000*

**Объем работ** – 1 чертеж участка площадью 12 км<sup>2</sup>.

**Затраты времени** на изготовление предварительного геолого-поискового плана Ёлкинского месторождения (ССН-92, в. 1, ч. 2, т. 23, стр. 3, гр. 5; измеритель 10 км<sup>2</sup>) составят  $12,0/10 \times 12,81 = 15,372$  смен или 0,615 мес.

**Затраты труда** составят (ССН-92, вып. 1, ч. 2, т. 15, п. 51):

– начальник партии – 0,04 чел/см;

– геолог 1 категории – 15,372 чел/см.

*Составление текстовой части проекта на геологические работы*

**Затраты времени** приняты по опыту работы подразделений ООО «Росгеоперспектива» в размере 2 мес. Работа по составлению сметы выполняется одним геологом 1 категории, одним геологом 2 категории и начальником партии.

**Затраты труда** составят:

– начальник партии – 1,33 чел/месяц;

– геолог 1 категории – 2 чел/месяц;

– геолог 2 категории – 2 чел/ месяц.

### Бурение

Бурение передвижной буровой установкой ПБУ-1200 с использованием комплекса ССК-76.

Объем бурения – 4030 пог. м, количество скважин – 6. Бурение колонковое в сложных геологических условиях – по мелкозернистым норитам и диоритам IX категории.

**Затраты времени** на бурение скважин (диаметр бурения – 76 мм) по породам IX категории буровой установкой ПБУ-1200 (таблица 3) рассчитываются с использованием методических указаний по организации, планированию и управлению буровыми работами.

Таблица 3 – Расчет затрат времени на колонковое бурение скважины передвижной буровой установкой

№	Категория по буримости	Диаметр скважины мм	Объем бурения, м	Норма времени на метр, ст-см	№ нормы (№ табл.)	Коэффициент*	Итого затрат времени на объём, ст-см.
1	2	3	4	5	6	7	8
6 скважин							
1	IX	76	4030	0,26	СН 93,т.5	1,5	1571,1
Итого:							$\Sigma=1571,1$ ст-см

\* Для всех скважин применяется коэффициент:

- коэффициент, учитывающий бурение пласта полезного ископаемого в сложных условиях отбора керна при глубине скважин выше 500 м, – 1,5.

Затраты времени на бурение всего объема скважин (6 скв)  $N_{бур} = 1571$  ст-см.

Расчёт затрат времени (ст-см) на монтаж-демонтаж и перевозку буровых установок:

$$N_{м-д} = H_{м-д} \cdot n, \quad (6.1)$$

где  $H_{м-д}$  – время на демонтаж-монтаж и перевозку, ст-см;  $n$  – количество скважин.

$$N_{м-д} = 0,65 \cdot 6 = 3,9 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени на вспомогательные работы:

- промывка

$$N_{всп} = H_{пром} \cdot n, \quad (6.2)$$

где  $H_{пром}$  – норма времени на промывку скважин (СН 93, т. 64), ст-см на 1 промывку.

$$N_{всп} = 0,45 \cdot 6 = 2,7;$$

- крепление скважин обсадными трубами

$$N_{всп} = H_{обс} \cdot n, \quad (6.3)$$

где  $H_{обс}$  – норма времени на крепление скважин обсадными трубами (СН 93, т.72, ), ст-см на 1 м крепления.

$$N_{всп} = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ ст-см.}$$

Расчёт затрат времени на планово-предупредительный ремонт:

$$N_{нпр} = N_{бур} / 103 \cdot 4; \quad (6.4)$$

$$N_{нпр} = 1571 / 103 \cdot 4 = 61 \text{ ст-см.}$$

Расчет затрат времени на геофизические исследования в скважинах:

- каротаж

$$N_{кар} = H_{общ} \cdot n \quad (6.5)$$

где  $H_{кар}$  – норма времени на каротаж скважин 1000 м, 4.96 ст-см.

$$N_{кар} = 4030 \cdot 4,96 / 1000 = 19,9 \text{ ст-см.}$$

Расчёт общих затрат времени на бурение:

$$N_{общ} = N_{бур} + N_{м-д} + N_{всп} + N_{нпр} + N_{кар}; \quad (6.6)$$

$$N_{общ} = 1571,1 + 3,9 + 2,7 + 4,8 + 61 + 19,9 = 1663,4 \text{ ст-см.}$$

**Затраты труда на бурение** составят (СН-92, вып. 5, т. 14, 15):

– начальник участка –  $0,07 \times 1663,4 = 116,44$  чел/дн;

– инженер по буровым работам –  $0,05 \times 1663,4 = 83,17$  чел/дн;

– инженер-механик –  $0,1 \times 1663,4 = 166,34$  чел/дн;

– буровой мастер –  $0,29 \times 1663,4 = 482,38$  чел/дн;

– машинист буровой установки –  $1 \times 1663,4 = 1663,4$  чел/дн;

– пом. машиниста буровой установки 1-ый –  $1 \times 1663,4 = 1663,4$  чел/дн.

### **Отбор и обработка проб**

*Отбор точечных (литогеохимических) проб по керну скважин*

**Объем работ:** 4030 проб (пог. м), категория пород – IX.

**Затраты времени** на отбор керновых проб вручную, категория пород – IV (СН-92, вып. 1, ч. 5, табл. 29, стр. 1, гр. 5, измеритель – 100 м керна) составят:  
 $4030/100 \times 5,83 = 234,95$  смен или 9,2 мес.

**Затраты труда** (СН-92, вып. 1, ч. 5, т. 30) составят:

– геолог 2 категории –  $0,1 \times 234,95 = 23,5$  чел/дн;

– техник-геолог 2 категории –  $1 \times 234,95 = 235$  чел/дн;

– рабочий 3 разряда –  $1 \times 234,95 = 235$  чел/дн.

### **Геофизические исследования**

*Геофизические исследования скважин (основной комплекс (два зонда КС, ГК-ГГК, кавернометрия))*

**Объем работ:** 95% от объема пог. м. скважин – 3828,5 м.

**Затраты времени** согласно СН-3, ч. 5, т. 14, стр. 1, ст. 3 составят:  
 $1548,5/1000 \times 4,96 = 18,98$  смен или 0,75 мес.

**Затраты труда** (СН-3, ч. 5, т. 21) составят:

– каротажник IV разряда –  $1 \times 18,98 = 18,98$  чел/дн;

– машинист подъемника каротажной станции V разряда –  $1 \times 18,98 = 18,98$  чел/дн;

– рабочий III разряда –  $1 \times 18,98 = 18,98$  чел/дн.

### **6.2.3. Расчет производительности труда, количества бригад (отрядов, групп и т. д.), продолжительности выполнения отдельных работ**

#### **Расчет производительности труда**

Расчет производительности труда за месяц производится по формуле:

$$P_{\text{мес}} = P_{\text{см}} \times C; \quad (6.7)$$

где  $P_{\text{см}}$  – производительность в смену,  $P_{\text{см}} = Q/N$ ;  $Q$  – объем работ;  $N$  – затраты времени на данный вид работ;  $C$  – количество смен в месяц,  $C = 60$ .

*Сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по району исследований*

$$P_{\text{см}} = 36,5/41,87 = 0,87;$$

$$P_{\text{мес}} = 0,87 \times 25,4 = 22,098.$$

*Составление предварительных графических материалов*

$$P_{\text{см}} = 4,1/22,675 = 0,18;$$

$$P_{\text{мес}} = 0,18 \times 25,4 = 4,57.$$

*Буровые работы*

$$P_{\text{см}} = 4030/1663,4 = 2,42;$$

$$P_{\text{мес}} = 2,42 \times 60 = 145,2.$$

*Отбор и обработка проб*

$$P_{\text{см}} = 19,7/5,83 = 3,38;$$

$$P_{\text{мес}} = 3,38 \times 25,4 = 85,85.$$

*Геофизические исследования скважин*

$$P_{\text{см}} = 3,8285/18,98 = 0,201;$$

$$P_{\text{мес}} = 0,201 \times 25,4 = 5,1.$$

#### **Расчет количества бригад при буровых работах**

Расчет необходимого количества бригад производится по формуле:

$$n = \frac{Q}{(P_{\text{мес}} \times T)}; \quad (2)$$

где  $T$  – условное время выполнения работ в мес.

Расчет продолжительности работ осуществляется по формуле:

$$T_{\text{пл}} = \frac{Q}{(P_{\text{мес}} \times n)}; \quad (3)$$

Принимаем условное время проведения буровых работ за 8 месяцев.

$$n = 4030 / (145,2 \times 8) \approx 4 \text{ бригады.}$$

Чтобы выполнить объем за 8 месяцев необходима 1 бригада, но при этом конкретный срок выполнения будет равен:

$$T_{\text{пл}} = 4030 / (145,2 \times 4) = 6,93 \text{ месяца.}$$

### **6.3. Расчет сметной стоимости работ**

#### **6.3.1. Сметно-финансовый расчет затрат**

Сметно-финансовый расчет основных расходов производится по форме СМ6. Этот расчет использует нормы и нормативы ССН-92 по следующим статьям затрат:

- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- материалы;
- амортизация;
- износ;
- услуги.

Таблица 30 – Сметно-финансовый расчет затрат

<i>Наименование должностей</i>	<i>Районный коэфф.</i>	<i>Оклад, руб</i>	<i>С учетом коэффициента (за 1 мес.)</i>	<i>С учетом коэффициента (за 18 мес.)</i>
Основная зарплата:				
Директор	1,2	30000	36000	648000
Главный геолог	1,2	19800	23760	427680
Начальник партии	1,2	19800	23760	427680
Геолог 1 категории	1,2	13700	16440	295920
Геолог 2 категории	1,2	12100	14520	261360
Инженер по буровым работам	1,2	13700	16440	295920
Техник-геолог 2 категории	1,2	10700	12840	231120
Буровой мастер	1,2	8688	10425,6	187660,8
Машинист буровой установки	1,2	7500	9000	162000
Помощник машиниста буровой установки	1,2	6110	7332	131976
Рабочие 3 разряда (3 чел.)	1,2	5000	6000	108000
Бухгалтер	1,2	9500	11400	205200
Экономист	1,2	9500	11400	205200
Итого основная зарплата			199317,6	3587716,8
Дополнительная зарплата (7,9%)			15746,1	283429,6
Итого заработной платы			215063,7	3871146,4
Отчисления на соц. нужды (34%)			73121,65	1316189,78
Итого			288185,35	5187336,2

### 6.3.2. Общая сметная стоимость геологоразведочных работ

Таблица 31 – Сметная стоимость геологоразведочных работ

Код	Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ	Единичные расценки в текущих ценах, руб	Стоимость работ в текущих ценах, руб. (Индекс удор. =1)
<b>I</b>	<b>Основные расходы</b>				29805120
<b>A</b>	<b>Собственно геологоразведочные работы</b>			231906	28942627
1	<b>Проектирование и подготовительный период к полевым работам</b>				192842
1.1	<i>Сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов</i>				43840
1.1.1	Выписки текста	100 стр.	28,00	1129,20	31618
1.1.2	Выписки таблиц	100 стр.	7,00	1252,56	8768
1.1.3	Выборки чертежей	100 чер.	1,50	2302,69	3454
1.2	<i>Проектирование</i>				149002
1.2.1	Составление картограммы геологической изученности Ёлкинского мр-я м-ба 1:200000	чертеж	1,00	1498,79	1499
1.2.2	Составление картограммы геофизической изученности Ёлкинского мр-я м-ба 1:200000	чертеж	1,00	1498,79	1499
1.2.3	Составление предварительного геолого-поискового плана Ёлкинского мр-я, м-б 1:10000	8 км <sup>2</sup>	0,1	13618,25	1362
1.2.4	Составление текстовой части проекта	чел/мес	2,00	72320,91	144642
2	<b>Полевые работы – всего</b>				28749785

Продолжение таблицы 31

2.1	Отбор точечных (литохимических) проб по керну скважин, категория IX, всего	100 проб	22,20	8370,61	185828
2.2	Разведочное бурение				28528033
2.2.1	Бурение передвижной буровой установкой ПБУ-1200 с применением ССК-76	ст-см	1571,1	18158	28528033
2.3	Геофизические исследования скважин, всего				35927
2.3.1	Основной комплекс (два зонда КС, ГК-ГГК, кавернометрия)	отр-смен на 1000 м	3,828	9385,36	35927
<b>Б.</b>	<b>Сопутствующие работы и затраты</b>				
	Транспортировка грузов и персонала (3%) от ПР				862493
<b>II.</b>	<b>Накладные расходы, 12,9% от ОР</b>				3844860
<b>III.</b>	<b>Плановые накопления, 20% от НР+ОР</b>				6729996
	<b>Итого</b>				40379976
<b>IV.</b>	<b>Компенсированные затраты</b>				3129554
	Полевое довольствие (7% А+Б)				2086358
	Доплаты (2%)				596120
	Рекультивация земель (1%)				298051
	Лесобилет (0,5%)				149025
<b>V.</b>	<b>Резерв на непредвиденные расходы (6% А+Б)</b>				1788307
	<b>Итого</b>				45297837
	НДС 18%				8153610
	<b>Всего</b>				53451447

#### **6.4. Организация, планирование и управление буровыми работами**

Организация производства заключается в приведении в соответствие, наилучшее для данных конкретных условий, количественное и качественное соединение во времени и пространстве всех элементов производства (людские ресурсы, предметы труда, технология).

Организация производства образует систему, имеющие внутренние органические и внешние рациональные связи.

Она решает целый ряд задач, определяющих ее объективное содержание, а именно:

- подготовку производства;
- организацию подразделений для нормального хода производственного процесса;
- разделение функций и кооперирование основного и вспомогательного производства;
- оптимизацию размеров подразделений и самой фирмы (предприятия) в целом;
- материально-техническое обеспечение (планово-предупредительное);
- планирование (маркетинг);
- организацию труда (стимулирование, нормирование и т. д.);
- управление – целенаправленное воздействие на коллектив работников (координация их деятельности) для решения поставленных задач, приведение в соответствие фактического хода работ с заданным (запланированным).

### 6.4.1. Календарный план

Таблица 32 – Выполнение работ на Ёлкинском месторождении

Наименование основных видов работ и этапов их выполнения	Сроки выполнения	
	Начало	Окончание
Этап 1. Составление и утверждение проектно-сметной документации; сбор, анализ, комплексная интерпретация геологической, геофизической и геохимической информации. Подготовка макета геолого-поискового плана Ёлкинского месторождения в масштабе 1:10000.	II квартал 2014 г.	IV квартал 2014 г.
Этап 2. Выявление условий залегания, промышленных параметров залежей сульфидных медно-никелевых руд с использованием геофизических и буровых работ. Локализация перспективных участков с оценкой прогнозных ресурсов.	I квартал 2015 г.	III квартал 2016 г.
Этап 3. Завершение разведочных работ. Локализация прогнозных ресурсов сульфидных медно-никелевых руд.	IV квартал 2016 г.	II квартал 2017 г.

### 6.4.2. Финансовый план

Финансирование геологоразведочных работ осуществляется поквартально, это удобно и инвестору, и исполнителям, так как первые могут следить за промежуточными результатами, а вторые могут создать необходимые запасы и планировать выполнение работ и доходы. Итоги финансового и календарного плана включаются в договор с инвестором, который имеет юридическую силу.

Примечание:

Заработная плата – 30% от основных расходов.

Материальные затраты – 40% от основных расходов.

Амортизация – 30% от основных расходов.

ЕСН – 34% от расходов на оплату труда.

Фонд развития производства – 80% от чистой прибыли + амортизационные отчисления.

Премияльный фонд – 20% от чистой прибыли.

### **6.4.3. Стимулирование труда**

Для стимулирования труда при распределении чистой прибыли из фондов потребления выделяются средства на материальные поощрения работников в виде премий. Фонд в пределах структурных подразделений организации распределяется с учетом КТУ, который учитывает вклад каждого сотрудника в дело выполнения геологического задания.

### **6.4.4. Стратегия развития предприятия**

1. Обеспечение права работника на профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации путем заключения оговора между работником и работодателем.

2. В целях повышения квалификации работников без отрыва от производства работодатель заключает ученический договор, который является дополнительным к трудовому договору и заключается на срок, необходимый для обучения данной профессии, специальности, квалификации. В случае, если ученик по окончании ученичества без уважительной причины не выполняет свое обязательство по договору, не приступает к работе, он должен возратить, выплаченную работодателем за время ученичества стипендию, а также возмещает другие расходы, понесенные работодателем в связи с ученичеством.

3. Оплата один раз в год проезда туда и обратно студентам, впервые обучающимся по заочной форме обучения в высших учебных заведениях, имеющих государственную аккредитацию, в размере 100% стоимости проезда; обучающимся в средних профессиональных учебных заведениях 50% стоимости проезда.

4. Работодатель предоставляет работникам, успешно обучающимся в высших, средних, начальных профессиональных учебных заведениях, вечерних

общеобразовательных школах дополнительные отпуска, гарантии и компенсации в соответствии с действующим законодательством.

5. Для выполнения мероприятий, направленных на развитие персонала на производстве, работодатель выделяет финансовые средства в размере до 5% фонда оплаты труда с отнесением расходов на себестоимость товаров и услуг.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы выполнены все разделы для осуществления разведочного бурения. В геологическом разделе произведено описание географо-экономических характеристик и геологических условий данного разреза Ёлкинского месторождения.

В техническом разделе, основываясь на геологических условиях, произведен выбор технологии и техники для сооружения скважин на Ёлкинском месторождении сульфидных медно-никелевых руд (Воронежская область). В работе представлено описание выбранной передвижной буровой установки ПБУ-1200 и используемого бурового оборудования, а также выполнены расчеты режимных параметров бурения. Произведены все проверочные расчеты выбранного бурового оборудования. В подразделе направленного бурения разработана конструкция многоствольной скважины, заменяющая бурение двух типичных одноствольных скважин. С экономической точки зрения бурение многоствольных скважин взамен одноствольных более эффективно.

В разделе социальной ответственности приведены – анализ вредных и опасных производственных факторов при проведении геологоразведочных работ и меры по их предупреждению.

В специальной части проекта выполнен аналитический обзор методик проектирования дополнительных стволов многоствольных геологоразведочных скважин, которые могут понадобиться при дальнейшей детальной разведке вышеуказанного месторождения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по бурению геологоразведочных скважин / И. С. Афанасьев, Г. А. Блинов, П. П. Пономарев и др. – СПб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.
2. Расчеты в бурении: справочное пособие / Р. А. Ганджумян, А. Г. Калинин, Н. И. Сердюк; – М.; РГГРУ, 2007. – 668 с.
3. Направленное бурение: Учебник для вузов / С.С. Сулакшин – М.:Недра, 1987. – 272 с.
4. Решение геолого-технических задач при направленном бурении скважин: Справочное пособие / С.С. Сулакшин, В.В. Кривошеев, В.И. Рязанов. – М.: Недра, 1989. – 167 с.
5. Направленное бурение и основы кернометрии: Учебник. – 2-е изд. / В.В. Нескоромных. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 336 с.
6. Бурение многозабойных скважин при разведке рудных месторождений / Х.И. Мурсалимов, И.Н. Страбыкин, Н.К. Кузьмина, Ф.Д. Вытоптов. – Алма-Ата; Министерство геологии СССР: Каз. НИИМС, 1969. – 103 с.
7. Методическое руководство по технике и технологии направленного бурения скважин малого диаметра / Ю.С. Костин, В.В. Перминов, Ю.Г. Соловов, Г.Д. Куклин, Ф.А. Вайнов. – ОНТИ ЗабНИИ, 1973. – 88 с.
8. Проектирование трасс направленных и многоствольных скважин (методические рекомендации) / Ю.Л. Михалкевич, Ю.Т. Морозов. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1976. – 48 с.

9. Направленное и многозабойное бурение скважин с основами кернометрии. Учебное пособие / В.В. Кривошеев – Томск: ТПИ, 1984. – 84 с.
10. Проектирование трасс направленных и многоствольных скважин при разведке угольных месторождений. Обзор. / О.В. Баранов, В.С. Васильченко. – М.: ВИЭМС. «Техн. и технол. геол.развед. работ; орг. производства», 1976. – 53 с.
11. ГОСТ 12.1.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
12. ГОСТ 12.4.125-83 Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация.
13. СНиП 23-03-2003. Защита от шума.
14. ГОСТ 12.1.030-81: Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
15. СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение».
16. СанПиН 2.2.2.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
17. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования.
18. Правила безопасности при геологоразведочных работах. ПБ ГРР, – 2005 г.
19. Безопасность жизнедеятельности. Учебник / С.В. Белов, А.В. Ильницкой, Л.Л. Морозова, Г.П. Павлихин, Д.М. Якубович, А.Ф. Козьяков. – МГТУ им. Н.Э. Баумана.