

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт нефти и газа им. М. С. Гуцериева  
Кафедра бурения нефтяных и газовых скважин

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН»**

Учебно-методическое пособие



Ижевск

2026

УДК 622.32(075.8)  
ББК 33.13р30  
К545

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ*

**Рецензент:** д.т.н. профессор кафедры геологии и геофизики нефти и газа ФГБОУ ВО «УГГУ»  
А. А. Липаев

**Составители:** Полозов М. Б., Дё А. Д., Бронников А. Ф., Трубицына Н. Г.

К545 Курсовое проектирование по дисциплине «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» : учеб.-метод. пособие / сост. М. Б. Полозов, А. Д. Дё., А. Ф. Бронников, Н. Г. Трубицына – Ижевск : Удмуртский университет, 2026. – 1,9 Мб.

Учебно-методическое пособие включает рекомендации по структуре и содержанию курсового проекта бакалавра.

Приводятся требования к оформлению, порядок представления и защиты курсового проекта.

Рекомендуются для студентов института нефти и газа им. М.С. Гуцериева, обучающихся по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин», очная и очно-заочная формы обучения.

УДК 622.32(075.8)  
ББК 33.13р30

© Полозов М. Б., Дё А. Д., Бронников А. Ф.,  
Трубицына Н. Г., сост. 2026  
© ФГБОУ ВО «Удмуртский  
государственный университет», 2026

## Содержание

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                           | 5  |
| I Основные теоретические сведения .....                  | 6  |
| II. Общие положения по организации и выполнению КП ..... | 12 |
| 1. Содержание КП.....                                    | 14 |
| 1.1. Введение.....                                       | 14 |
| 1.2. Геологический раздел .....                          | 17 |
| 1.3. Технологический раздел .....                        | 30 |
| 1.3.1. Конструкция скважины.....                         | 30 |
| 1.3.2. Профиль ствола скважины.....                      | 36 |
| 1.3.3. Буровые растворы.....                             | 36 |
| 1.3.4. Углубление скважины .....                         | 41 |
| 2.1. Приложения .....                                    | 46 |
| 2.2. Список использованной литературы .....              | 46 |
| 3. Оформление КП.....                                    | 47 |
| 4. Защита КП.....                                        | 48 |
| 5. Список рекомендуемой литературы .....                 | 49 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....                                         | 52 |

## **Перечень используемых условных обозначений, сокращений, терминов**

КНБК – компоновка низа бурильной колонны

ПБ в НГП – правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности

ПВО – противовыбросовое оборудование

СБТ – стальные бурильные трубы

СПО – спускоподъёмные операции

ТБПВ – трубы бурильные с приваренными замками с высадкой концов внутрь

ТБПК – трубы бурильные с приваренными замками с комбинированной  
высадкой концов

ТБПН – трубы бурильные с приваренными замками с высадкой концов наружу

УБТ – утяжеленные бурильные трубы

## **Введение**

Настоящее учебно-методическое пособие устанавливает регламентированные требования к структуре и правилам оформления курсовых проектов (далее КП), выполняемых студентами направления подготовки 21.03.01 – «Нефтегазовое дело», профиль 21.03.01.02 «Бурение нефтяных и газовых скважин» (БНГС), в соответствии с методическими рекомендациями по выполнению и оцениванию курсовых работ (проектов) студентов, обучающихся по программам высшего образования (программам бакалавриата, специалитета, магистратуры) в удмуртском государственном университете, рекомендованных на заседании Учебно-методического совета (протокол №2 от 25 апреля 2018 г.)

Целью учебно-методического пособия является формирование у студентов комплекса знаний по вопросам подготовки и защиты КП.

КП должен быть преимущественно ориентирован на знания, полученные в процессе освоения дисциплин профиля, а также в процессе прохождения студентом производственной практики. Процесс подготовки и защиты КП показывает уровень профессиональной эрудиции студента, его подготовленность, владение умениями и навыками профессиональной деятельности.

При составлении данного учебно-методического пособия были приняты во внимание опыт и методическое обеспечение ВУЗов нефтегазового профиля.

Задачи учебно-методического пособия: систематизация, закрепление, углубление и расширение приобретенных обучающимся знаний, умений и навыков по учебным дисциплинам (модулям); овладение методами научных исследований; овладение современными методами поиска, обработки и использования информации; овладение умением представлять и защищать свою работу.

В результате выполнения курсового проекта формируются навыки самостоятельного творческого решения профессиональных задач, формирование компетенций (общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных)

## **I. Основные теоретические сведения**

### **Классификация способов бурения**

Современная классификация способов бурения нефтяных и газовых скважин основана на нескольких критериях: способу разрушения горных пород, типу применяемого оборудования и условиям проведения работ. По способу воздействия инструмента на забой выделяют механические способы бурения, которые подразделяются на вращательное и ударное бурение. В свою очередь, по методу разрушения породы различают ударное бурение, вращательное бурение и ударно-вращательное (комбинированное) бурение.

Ударное (канатное) бурение является исторически первым методом и заключается в разрушении породы путём сбрасывания тяжёлого долота на забой. Несмотря на то что этот метод в значительной степени уступил место вращательному бурению, он до сих пор применяется в некоторых специфических условиях, например, при бурении неглубоких скважин на воду.

Вращательное бурение является доминирующим методом в современной нефтегазовой промышленности. При этом способе разрушение породы происходит за счёт вращения долота, на которое передаётся осевая нагрузка. Вращательное бурение включает несколько разновидностей. Роторное бурение предполагает вращение всей бурильной колонны с поверхности через роторный стол. Турбинное бурение осуществляется с помощью забойного двигателя - турбобура, приводимого в действие потоком бурового раствора. Бурение винтовыми забойными двигателями использует объёмный гидравлический двигатель, также приводимый в действие буровым раствором. Электробурение предполагает использование погружного электродвигателя, спускаемого на бурильных трубах.

Современные методы вращательного бурения также классифицируются по способу привода долота. Выделяют бурение с вращением всей колонны (роторное), бурение с использованием забойных двигателей (турбинное, винтовое, электробурение) и бурение с использованием верхнего привода (top drive system). Верхний привод, устанавливаемый на буровой вышке, обеспечивает вращение колонны и позволяет эффективно наращивать бурильные трубы, что значительно повышает производительность и безопасность работ.

По типу циркуляционного агента различают бурение с использованием бурового раствора, газообразных агентов (воздух, азот), азирированных растворов, пены и тумана. Выбор циркуляционного агента определяется геологическими условиями и требованиями к сохранению коллекторских свойств продуктивных пластов.

По условиям проведения работ выделяют наземное (континентальное) бурение, морское бурение (с плавучих буровых установок, полупогружных платформ, самоподъёмных платформ) и бурение на шельфе с использованием стационарных платформ. По глубине скважины подразделяются на мелкие (до 1500 м), средние (1500–4500 м), глубокие (4500–6000 м) и сверхглубокие (свыше 6000 м).

### **Конструкция скважины**

Конструкция скважины представляет собой совокупность данных о количестве, диаметрах и глубинах спуска обсадных колонн, а также о способах их цементирования. Конструкция скважины определяется целями бурения, геологическими условиями, глубиной, техникой бурения и методом разработки месторождения. Основными элементами конструкции скважины являются обсадные колонны, интервалы бурения, интервалы цементирования, устье, стенки и забой скважины, продуктивный горизонт и зона перфорации.

Обсадные колонны изготавливаются из стальных труб с резьбовыми концами и муфтами, иногда применяются безмуфтовые трубы с раструбными концами. В скважину спускают несколько обсадных колонн определённого назначения. Направление (кондуктор первой ступени) спускается на глубину 30–150 метров и предназначено для перекрытия неустойчивых верхних пород и защиты устья скважины. Кондуктор спускается на глубину 300–800 метров и служит для перекрытия зон поглощения бурового раствора и установки противовыбросового оборудования. Промежуточные (технические) колонны спускаются для перекрытия осложнённых интервалов, несовместимых по условиям бурения. Эксплуатационная колонна спускается на проектную глубину и предназначена для извлечения нефти, газа или нагнетания рабочего агента в продуктивный горизонт.

Величина перекрытия предыдущей колонны составляет 150 метров для нефтяных скважин и 500 метров для газовых скважин, что обусловлено повышенными требованиями к герметичности газовых скважин. Обсадные колонны разведочных скважин цементируются, как правило, на всю длину. Цементирование обеспечивает герметичность заколонного пространства, предотвращает перетоки флюидов между пластами и защищает обсадные трубы от коррозии.

Интервал бурения представляет собой часть траектории скважины, сооружаемую с помощью долота одного диаметра и преимущественно с применением одной запроектированной технологии бурения. Интервал цементирования – это участок ствола, в котором цементируется конкретная обсадная колонна. Продуктивный горизонт – пласт в разрезе, содержащий

природные ресурсы, а зона перфорации – участок эксплуатационной колонны, в котором создаются отверстия для сообщения скважины с продуктивным пластом.

### **Буровые растворы и их роль в технологическом процессе**

Буровой раствор является одним из ключевых элементов технологии бурения, выполняющим множество критически важных функций. Буровой раствор должен обеспечивать быстрое и бесперебойное бурение всех интервалов скважины, поддерживать устойчивость стенок скважины при контакте с ними, выносить выбуренную породу на поверхность, охлаждать долото и передавать энергию на забойные двигатели.

При роторном бурении буровой раствор циркулирует вниз по бурильной колонне и возвращается на поверхность через затрубное пространство, обеспечивая fluid medium для выноса шлама и создания гидростатического давления на стенки скважины. Буровые растворы представляют собой сложные жидкости, в которых дисперсионной средой может быть вода, нефть или эмульсия воды и нефти.

Глинистый буровой раствор, содержащий бентонит, позволяет глинизировать стенки скважины, образуя тонкую плотную корку, препятствующую проникновению раствора в пласты породы. Плотность и вязкость глинистого раствора подбираются таким образом, чтобы удерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии и предотвращать их оседание на стенки скважины при перерывах в промывке. Регулирование внутрискважинного давления может осуществляться путём изменения плотности бурового раствора. При достижении внутрискважинным давлением давления гидроразрыва производится смена бурового раствора с глинистого на аэрированный и наоборот, что позволяет снизить необходимое давление в скважине.

Система очистки бурового раствора включает вибросита, пескоотделители, илоотделители и дегазаторы, обеспечивая многоступенчатую очистку от выбуренной породы. Современные системы очистки позволяют эффективно рециркулировать буровой раствор, что снижает затраты и минимизирует воздействие на окружающую среду.

### **Наклонно-направленное и горизонтальное бурение**

Наклонно-направленное бурение представляет собой технологию, позволяющую бурить скважины с отклонением от вертикали для достижения продуктивных пластов, расположенных в стороне от устья, или для увеличения площади дренирования залежи. Направленные скважины можно бурить любым из применяемых промышленных способов: роторным, тур-

бинным или электробуром на трубах. Наклонно-направленное бурение позволяет осуществлять проходку под различными углами, в том числе горизонтальными и многоствольными, обеспечивая доступ к пластам под поверхностью Земли.

Проектирование технологии бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин представляет собой важный этап в разработке нефтегазовых месторождений, особенно в условиях сложной геологической структуры. Эффективное проектирование таких скважин необходимо для увеличения добычи углеводородов, оптимизации процессов добычи и снижения затрат на бурение. Горизонтальные скважины особенно эффективны для разработки низкопроницаемых коллекторов, поскольку увеличивают площадь контакта с продуктивным пластом и повышают дебит.

Для управления траекторией скважины применяются роторные управляемые системы, винтовые забойные двигатели-отклонители, осцилляторы и системы доведения нагрузки до долота. Технология предусматривает чередование режимов вращения бурильной колонны для изменения угла наклона и направления без подъёма инструмента. Современные системы геонавигации в реальном времени используют данные измерений в процессе бурения (MWD) и каротажа в процессе бурения (LWD) для точного позиционирования ствола скважины в наиболее продуктивных зонах коллектора.

Многоствольные скважины представляют собой дальнейшее развитие направленного бурения и позволяют пробурить несколько стволов от основного ствола, что особенно эффективно для низкопроницаемых коллекторов. Технологии расширения ствола и зарезки боковых стволов позволяют увеличить дренируемую зону и вовлечь в разработку ранее недоступные запасы.

### **Осложнения и аварии при бурении скважин**

В процессе строительства скважин возникают различные осложнения и аварии, которые могут привести к значительным материальным затратам и увеличению сроков бурения. Наиболее распространёнными видами осложнений являются поглощение бурового раствора, нарушение устойчивости пород стенок скважины и искривление вертикальности ствола. Поглощение тампонажного раствора может быть частичным или катастрофическим и сопровождается загрязнением почвогрунтов и растительности, а также возможным загрязнением грунтовых вод.

Нарушение устойчивости пород стенок скважины ведёт к увеличению техногенной нагрузки на окружающую среду за счёт дополнительного образования отходов в виде отработанного бурового раствора и бурового шлама. Основными причинами неустойчивости ствола

являются химические и механические факторы: растрескивание пород, обрушение стенок скважины, ползучесть и набухание пород, а также деструктивные взаимодействия между породой и буровым раствором. Наиболее частыми и значительными осложнениями являются несовместимые зоны бурения, которые необходимо перекрывать секциями обсадных колонн.

К авариям при бурении относятся слом бурильной трубы или утяжелённых бурильных труб, прихват и заклинивание инструмента при спускоподъёмных операциях, оставление шарошек на забое, падение посторонних предметов в скважину. Для предотвращения аварий необходимо строго придерживаться проектных компоновок низа бурильной колонны, не допускать вибрации колонны при бурении, контролировать нагрузки на долото и не передерживать долото на забое.

Наиболее сложными и трудоёмкими по затратам являются аварии, связанные с нефтегазопроявлениями и поглощениями бурового раствора. Признаками таких аварий являются снижение плотности бурового раствора, увеличение объёма циркулирующей жидкости в приёмных ёмкостях, перелив промывочной жидкости из скважины при прекращении циркуляции, выделение газа из скважины. Своевременное обнаружение этих признаков позволяет предотвратить развитие аварии и обеспечить безопасность работ.

### **Современные технологии и инновации в бурении**

Современный этап развития технологий бурения характеризуется широким внедрением цифровых технологий, автоматизации и искусственного интеллекта. Автоматизация буровых процессов обеспечивает более гладкий ствол скважины, последовательное и эффективное бурение, а также повышение безопасности работ. Компания ВР успешно применила автономное бурение с управлением давлением (MPD) на месторождении Атлантис в Мексиканском заливе, что позволило оптимизировать процесс бурения в реальном времени на основе забойных данных.

Технология управляемого давления (Managed Pressure Drilling, MPD) позволяет точно контролировать давление в скважине, что особенно важно при бурении в сложных геологических условиях. Раннее обнаружение выбросов с использованием алгоритмов машинного обучения достигает точности около 90%, что позволяет бурить скважины, которые ранее были недоступны. Цифровые системы контроля и управления буровыми процессами интегрируют данные с датчиков, расположенных на поверхности и в скважине, обеспечивая оперативное принятие решений.

Интеллектуальные системы геонавигации используют данные каротажа в процессе бурения (LWD) и измерений в процессе бурения (MWD) для точного размещения ствола скважины в наиболее продуктивных зонах коллектора. Интеграция умных буровых технологий

с системами каротажа в реальном времени произвела революцию в точности размещения горизонтальных стволов, повысив эффективность операций. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые возможности для оперативной поддержки принятия решений при бурении.

## **II. Общие положения по организации и выполнению КП**

Целью подготовки курсового проекта по дисциплине «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» является:

- систематизация и углубление теоретических знаний, полученных в ходе изучения междисциплинарного курса;
- формирование навыков их практического применения;
- выбор и обработка методик расчетов, связанных с бурением глубоких скважин и бурением боковых стволов;
- развитие индивидуальной исследовательской деятельности;
- выработка навыков аналитической работы и опыта презентации полученных результатов;
- подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовой проект должен быть выполнен на высоком теоретическом уровне и свидетельствовать о готовности студента к практической деятельности. Каждый студент получает задание на курсовое проектирование перед прохождением производственной практики. Одновременно с прохождением практики студент обязан собрать по месту практики всю информацию и материалы для квалифицированного решения поставленной задачи, руководствуясь методическими указаниями и консультациями руководителей практики и проекта. Систематические консультации в течение семестра позволяют выполнить проект на достаточно высоком уровне и представить его к защите в установленный срок. При выполнении проекта студенту предоставляется возможность проявить свои творческие способности, разработать новые технологии решения и практические мероприятия по внедрению новой техники технологии бурения. Курсовой проект – комплексная самостоятельная работа студента, главной целью и содержанием которой является всесторонний анализ по одному из новых вопросов теоретического или практического характера по профилю специальности. Тематика курсового проекта определяется кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин». Студентам предоставляется право выбора темы проекта. Студент может предложить свою тему, название которой при необходимости будет уточнено научным руководителем. Подготовка КП должна осуществляться преимущественно на конкретных материалах предприятия, являющегося базой производственной практики. Заведующий кафедрой, обеспечивающей научное руководство КП:

- согласует и формирует перечень актуальных тем КП;
- осуществляет функции координации, контроля и методического обеспечения деятельности преподавателей, осуществляющих научное руководство курсовых проектов;
- осуществляет контроль выполнения КП на кафедре;

- принимает решение о допуске КП;
- обеспечивает своевременную передачу допущенных к защите выпускных квалификационных работ и прилагаемых к ним материалов в соответствующие государственные аттестационные комиссии.

Руководитель КП непосредственно организует и контролирует выполнение студентами КП. В его обязанности входят:

- разработка индивидуального плана-задания выполнения КП;
- проведение консультаций по вопросам методики подготовки и анализа промысловых данных, написания и защиты КП, а также по вопросам ее структуры и содержания;
- контроль процесса выполнения графика КП и своевременного представления работы на кафедру;
- составление письменного отзыва научного руководителя КП.

Руководитель КП несет ответственность за обеспечение соответствия подготовленного к защите КП установленным требованиям.

КП имеет своей целью:

- закрепление, систематизацию полученных в период изучения дисциплины «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» теоретических и практических знаний, применение их при решении проектных, научных и технологических задач строительства нефтяных и газовых скважин;
- выявление подготовленности студентов для самостоятельной работы в условиях современных производственных процессов нефтяной и газовой промышленности.

Исходными материалами к выполнению КП являются материалы, собранные студентом в период прохождения производственной практики. Название общей части – «Технология строительства скважин на месторождении (площади, районе)». Название месторождения (площади, района) выбирается студентом после согласования с кафедрой. Ознакомление с темами КП осуществляется в течении 3-х дней, а утверждаются темы в течении недели.

Пример названия КП: «Технология строительства скважин на территории .... /название/».

При оформлении КП необходимо использовать «Методические указания по оформлению контрольной работы, курсовой работы (проекта), выпускной квалификационной работы» [25]. Дата представления КП на кафедру – за 5 дней до защиты.

Успешное выполнение КП во многом зависит от четкого соблюдения установленных сроков и последовательного выполнения отдельных этапов работы.

Защита КП производится в форме доклада.

### **III. Содержание КП**

Примерная структура КП:

1. Титульный лист, оформленный в соответствии с приложением.
2. Содержание.
3. Перечень используемых условных обозначений, сокращений, терминов.
4. Введение.
5. Геологический раздел:
  - литолого-стратиграфическая характеристика и физико-механические свойства горных пород по разрезу скважины;
  - градиенты давлений и температура по разрезу;
  - нефте-, газо-, водоносность;
  - возможные осложнения;
  - характеристика вскрываемых пластов;
  - отбор керна и шлама;
  - геофизические исследования.
6. Технологический раздел:
  - конструкция скважины;
  - профиль ствола скважины;
  - буровые растворы;
  - углубление скважины.
7. Список использованной литературы.
8. Приложения.

Основной раздел должен составлять не менее 80% от общего объема КП.

Ниже приводятся рекомендации по составлению отдельных разделов КП бакалавра.

#### **1.1. Введение**

Во введении формулируется актуальность и цель выполняемой работы, обосновывается назначение темы проекта.

Приводятся основные сведения о районе буровых работ: месторождение, площадь, предприятие, производящие буровые или ремонтные работы, назначение скважин, проектная глубина, проектный горизонт, способы бурения, профиль ствола скважины (таб. 1. таб. 2.).

Рассматриваются основные исходные материалы, используемые при выполнении КП.

**Общие сведения о районе буровых работ**

| Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Значение (текст, название, величина) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                                    |
| 1. Наименование площади (месторождения)<br>2. Температура воздуха, °С<br>– среднегодовая<br>– максимальная летняя<br>– минимальная зимняя<br>3. Среднегодовое количество осадков, мм<br>4. Максимальная глубина промерзания грунта, м<br>5. Продолжительность отопительного периода в году, сут.<br>6. Преобладающее направление ветра<br>7. Наибольшая скорость ветра, м/с<br>8. Сведение о площадке строительства и подъездных путях:<br>– рельеф местности<br>– состояние грунта<br>– толщина снежного покрова, м<br>– характер растительного покрова<br>9. Характеристика подъездных дорог<br>– протяженность, км<br>– характер покрытия<br>– высота насыпи, м<br>10. Источник водоснабжения<br>11. Источник электроснабжения<br>12. Средство связи<br>13. Источник карьерных грунтов |                                      |

**Основные проектные данные**

| Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Значение |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2        |
| 1. Номер района строительства скважины (или морской район)<br>2. Номера скважин, строящихся по данному проекту<br>3. Площадь (месторождение)<br>4. Расположение (суша, море)<br>5. Глубина моря на точке бурения, м<br>6. Цель бурения и назначение скважины<br>7. Проектный горизонт<br>8. Проектная глубина, м<br>по вертикали<br>по стволу<br>9. Число объектов испытания<br>в колонне<br>в открытом стволе<br>10. Вид скважины (вертикальная, наклонно-направленная, кустовая)<br>11. Тип профиля<br>12. Азимут бурения, град<br>13. Максимальный зенитный угол, град<br>14. Максимальная интенсивность изменения зенитного угла, град/10 м<br>15. Глубина по вертикали кровли продуктивного (базисного) пласта, м<br>16. Отклонение от вертикали точки входа в кровлю продуктивного (базисного) пласта, м<br>17. Допустимое отклонение заданной точки входа в кровлю продуктивного (базисного) пласта от проектного положения (радиус круга допуска), м |          |
| 18. Категория скважины<br>19. Металлоемкость конструкции, кг/м<br>20. Способ бурения<br>21. Вид привода<br>22. Вид монтажа (первичный, повторный)<br>23. Тип буровой установки<br>24. Тип вышки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |

| Наименование                                             | Значение |
|----------------------------------------------------------|----------|
| 1                                                        | 2        |
| 25. Наличие механизмов АСП (ДА, НЕТ)                     |          |
| 26. Номер основного комплекса бурового оборудования      |          |
| 27. Максимальная масса колонны, т                        |          |
| обсадной                                                 |          |
| бурильной                                                |          |
| суммарная (при спуске секциями)                          |          |
| 28. Тип установки для испытаний                          |          |
| 29. Продолжительность цикла строительства скважины, сут. |          |
| в том числе:                                             |          |
| строительно-монтажные работы                             |          |
| подготовительные работы к бурению                        |          |
| бурение и крепление                                      |          |
| испытание, всего                                         |          |
| в том числе:                                             |          |
| в открытом стволе                                        |          |
| в эксплуатационной колонне                               |          |
| 30. Проектная скорость бурения, м/ст.мес.                |          |

## 1.2. Геологический раздел

В этом разделе КП освещаются и детализируются все особенности и условия проведения буровых работ на площади (месторождении), приводится геологическая характеристика района работ в следующем порядке.

- Тектоника. Приводятся данные по тектоническому строению геологического разреза месторождения (носит описательный характер).
- Литолого-стратиграфическая характеристика. В подразделе приводятся стратиграфический разрез скважины, литологическая характеристика и физико-механические свойства горных пород по разрезу скважины (таблица 3).
- Коллекторские свойства продуктивных пластов. Пористость, трещинноватость, проницаемость, гидропроводность (таблица 3).
- Нефтегазоводоносность. Приводятся данные по физико-химическим свойствам пластовых флюидов (таблицы 5-7).
- Градиенты давления. Пластовые (поровые) давления, давления гидравлического разрыва пластов (ГРП), изменение температуры по разрезу скважины (таблица 4).

- Осложнения: осыпи, обвалы, поглощения. Интервалы возможных осложнений процесса бурения или ремонта скважин, характеристика условий возникновения на основе статистических данных для наиболее представительных на разбуриваемых и эксплуатирующихся площадях условий (таблица 9-13).

- Исследовательские работы в скважинах. Планируемые интервалы отбора керна, шлама, используемый комплекс геофизических исследований, интервалы испытания (освоения) пластов в процессе бурения и в колонне (таблицы 14-25)

Основные данные по геологическому разрезу скважины рекомендуется представлять в виде таблиц, которые соответствуют требованиям макета рабочего проекта на строительство скважин на нефть и газ.

Таблица 3

**Литолого-стратиграфическая характеристика и физико-механические свойства горных пород по разрезу скважины**

| Стратигра-<br>фические под-<br>разделения |        | Глубина<br>залегания, м |                 |                       | Элементы залегания<br>(падения) пластов<br>по подошве, град. |        | Горная<br>порода    |                        | Стандартное описание<br>горной породы: полное<br>название, характерные<br>признаки (структура,<br>текстура, минеральный<br>состав и т.д.) | Коэффициент<br>кавернозности в<br>интервале |
|-------------------------------------------|--------|-------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|--------|---------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| назва-<br>ние                             | индекс | от<br>(кровля)          | до<br>(подошва) | мощность<br>(толщина) | угол                                                         | азимут | краткое<br>название | процент<br>в интервале |                                                                                                                                           |                                             |
| 1                                         | 2      | 3                       | 4               | 5                     | 6                                                            | 7      | 8                   | 9                      | 10                                                                                                                                        | 11                                          |

*Продолжение таблицы 3*

| Плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> | Пористость,<br>% | Проницаемость,<br>10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup> | Глинистость,<br>% | Карбонатность,<br>% | Соленосность,<br>% |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 12                              | 13               | 14                                                  | 15                | 16                  | 17                 |

*Окончание таблицы 3*

| Сплошность<br>породы | Твердость,<br>МПа | Расслоенность<br>породы | Абразив-<br>ность | Категория породы по промысло-<br>вой классификации (мягкая,<br>средняя и т.д.) | Коэффициент<br>Пуассона | Модуль<br>Юнга, Па | Гидратационное<br>разуплотнение (набу-<br>хание) породы |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| 18                   | 19                | 20                      | 21                | 22                                                                             | 23                      | 24                 | 25                                                      |

Таблица 4

**Градиенты давлений и температура по разрезу**

| Глубина определения давления, м | Градиенты                                    |                                            |                                             |                                           |                         |
|---------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
|                                 | пластового давления, (МПа/м)·10 <sup>2</sup> | порового давления, (МПа/м)·10 <sup>2</sup> | гидроразрыва пород, (МПа/м)·10 <sup>2</sup> | горного давления, (МПа/м)·10 <sup>2</sup> | геотермический, °С/100м |
| 1                               | 2                                            | 3                                          | 4                                           | 5                                         | 6                       |

Таблица 5

**Нефтеносность**

| Индекс стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Тип коллектора | Плотность, кг/м <sup>3</sup> |                 | Подвижность, мПа·с | Содержание, % по весу |          | Свободный дебит, м <sup>3</sup> /сут |
|-----------------------------------------|-------------|----------|----------------|------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------|--------------------------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) |                | в пластовых условиях         | после дегазации |                    | серы                  | парафина |                                      |
| 1                                       | 2           | 3        | 4              | 5                            | 6               | 7                  | 8                     | 9        | 10                                   |

Окончание таблицы 5

| Параметры растворенного газа                   |               |                  |                                         |                         |                                              |
|------------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| газовый фактор, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | содержание, % |                  | относительная по воздуху плотность газа | коэффициент сжимаемости | давление насыщения в пластовых условиях, МПа |
|                                                | сероводорода  | углекислого газа |                                         |                         |                                              |
| 11                                             | 12            | 13               | 14                                      | 15                      | 16                                           |

Таблица 6

**Газоносность**

| Индекс стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Тип коллектора | Состояние (газ, конденсат) | Содержание, % по объему |                  | Относительная по воздуху плотность газа | Коэффициент сжимаемости газа в пластовых условиях | Свободный дебит м³/сут | Плотность газоконденсата, кг/м³ |                   | Фазовая проницаемость, 10 <sup>-3</sup> мкм² |
|-----------------------------------------|-------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) |                |                            | серо-водорода           | углекислого газа |                                         |                                                   |                        | в пластовых условиях            | на устье скважины |                                              |
| 1                                       | 2           | 3        | 4              | 5                          | 6                       | 7                | 8                                       | 9                                                 | 10                     | 11                              | 12                | 13                                           |

Таблица 7

**Водоносность**

| Индекс стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Тип коллектора | Плотность, кг/м³ | Свободный дебит, м³/сут | Фазовая проницаемость, 10 <sup>-3</sup> мкм² | Химический состав воды в мг-эквивалентной форме |                              |                               |                 |                  |                  |
|-----------------------------------------|-------------|----------|----------------|------------------|-------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) |                |                  |                         |                                              | анионы                                          |                              |                               | катионы         |                  |                  |
|                                         |             |          |                |                  |                         |                                              | Cl <sup>-</sup>                                 | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Na <sup>+</sup> | Mg <sup>++</sup> | Ca <sup>++</sup> |
| 1                                       | 2           | 3        | 4              | 5                | 6                       | 7                                            | 8                                               | 9                            | 10                            | 11              | 12               | 13               |

*Окончание таблицы 5*

| Степень минерализации, мг-экв/л | Тип воды по Сулину<br>СФН – сульфатонатриевый<br>ГКН – гидрокарбонатнонатриевый<br>ХЛМ – хлормagneиный<br>ХЛК – хлоркальциевый | Относится к источнику питьевого водоснабжения (ДА, НЕТ) |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 14                              | 15                                                                                                                             | 16                                                      |

Таблица 8

**Поглощение бурового раствора**

| Индекс стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Максимальная интенсивность поглощения, м <sup>3</sup> /ч | Расстояние от устья скважины до статического уровня при его максимальном снижении, м | Имеется ли потеря циркуляции (да, нет) | Градиент давления поглощения, (МПа/м)·10 <sup>2</sup> |                          | Условия возникновения |
|-----------------------------------------|-------------|----------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) |                                                          |                                                                                      |                                        | при вскрытии                                          | после изоляционных работ |                       |
| 1                                       | 2           | 3        | 4                                                        | 5                                                                                    | 6                                      | 7                                                     | 8                        | 9                     |

Таблица 9

**Осыпи и обвалы стенок скважины**

| Индекс Стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Буровые растворы, применявшиеся ранее |                              |                                                             | Время до начала осложнения, сут | Мероприятия по ликвидации последствий (проработка, промывка и т.д.) |
|-----------------------------------------|-------------|----------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) | Тип раствора                          | плотность, кг/м <sup>3</sup> | дополнительные данные по раствору, влияющие на устойчивость |                                 |                                                                     |
| 1                                       | 2           | 3        | 4                                     | 5                            | 6                                                           | 7                               | 8                                                                   |

Таблица 10

**Нефтегазоводопроявления**

| Индекс стратиграфического подразделения | Интервал, м |          | Вид проявляемого флюида (вода, нефть, конденсат, газ) | Длина столба газа при ликвидации газопроявления, м | Плотность смеси при проявлении для расчета избыточных давлений, кг/м <sup>3</sup> |           | Условия возникновения | Характер проявления (в виде пленок нефти, пузырьков газа, перелива воды, увеличение водоотдачи и т.д.) |
|-----------------------------------------|-------------|----------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | от (верх)   | до (низ) |                                                       |                                                    | внутреннего                                                                       | наружного |                       |                                                                                                        |

Таблица 11

**Прихватопасные зоны**

| Индекс<br>стратигра-<br>фического<br>подразделе-<br>ния | Интервал, м  |             | Вид прихвата (от пе-<br>репада давления, за-<br>пинки, сальникооб-<br>разования и т.д.) | Раствор, при применении которого<br>произошел прихват |                                 |                                       |                                      |
|---------------------------------------------------------|--------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                         | от<br>(верх) | до<br>(низ) |                                                                                         | тип                                                   | плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> | водоотдача,<br>см <sup>3</sup> /30мин | смазывающие<br>добавки<br>(название) |
| 1                                                       | 2            | 3           | 4                                                                                       | 5                                                     | 6                               | 7                                     | 8                                    |

Окончание таблицы 11

| Наличие ограничений на оставление инструмента без движе-<br>ния или промывки (ДА, НЕТ) | Условия возникновения |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 9                                                                                      | 10                    |

Таблица 12

**Текущие породы**

| Индекс<br>стратиграфи-<br>ческого<br>подразделения | Интервал залегания<br>текучих пород, м |             | Краткое<br>название<br>пород | Минимальная плотность бу-<br>рового раствора, предотвра-<br>щающая течение пород,<br>кг/м <sup>3</sup> | Условия<br>возникновения |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                    | от<br>(верх)                           | до<br>(низ) |                              |                                                                                                        |                          |
| 1                                                  | 2                                      | 3           | 4                            | 5                                                                                                      | 6                        |

Таблица 13

**Прочие возможные осложнения**

| Индекс<br>стратиграфического<br>подразделения | Интервал, м  |             | Вид (название) осложнения:<br>желобообразование, перегиб<br>ствола, искривление, грифоно-<br>образование | Характеристика (па-<br>раметры) осложне-<br>ния и условия воз-<br>никновения |
|-----------------------------------------------|--------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | от<br>(верх) | до<br>(низ) |                                                                                                          |                                                                              |
| 1                                             | 2            | 3           | 4                                                                                                        | 5                                                                            |

Таблица 14

**Характеристика вскрываемых пластов**

| Индекс пласта | Интервал залегания, м |          | Тип коллектора | Тип флюида | Пористость, % | Проницаемость, $10^{-3}$ мкм <sup>2</sup> | Коэффициент газо-, конденсато-, нефтенасыщенности | Пластовое давление, МПа | Коэффициент аномальности | Толщина глинистого раздела флюид-вода, м |
|---------------|-----------------------|----------|----------------|------------|---------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------------|
|               | от (верх)             | до (низ) |                |            |               |                                           |                                                   |                         |                          |                                          |
| 1             | 2                     | 3        | 4              | 5          | 6             | 7                                         | 8                                                 | 9                       | 10                       | 11                                       |

Таблица 15

**Отбор керна и шлама**

| Отбор керна |          |                     |                      | Отбор шлама |          |                |
|-------------|----------|---------------------|----------------------|-------------|----------|----------------|
| интервал, м |          |                     | технические средства | интервал, м |          | частота отбора |
| от (верх)   | до (низ) | метраж отбора керна |                      | от (верх)   | до (низ) |                |
| 1           | 2        | 3                   | 4                    | 5           | 6        | 7              |

Таблица 16

**Геофизические исследования**

| Наименование<br>исследования | Масштаб<br>записи | Замеры и отборы<br>производятся |                |          | Скважинная аппаратура<br>и приборы |                     | Промыслово-<br>геофизическая партия |                              | Номера таблиц<br>СНВ на ПГИ |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|----------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                              |                   | на глубине,<br>м                | в интервале, м |          | тип                                | группа<br>сложности | название                            | дежурство на<br>буровой, сут |                             |
|                              |                   |                                 | от (верх)      | до (низ) |                                    |                     |                                     |                              |                             |
| 1                            | 2                 | 3                               | 4              | 5        | 6                                  | 7                   | 8                                   | 9                            | 10                          |

Таблица 17

**Данные по испытанию (опробованию) пластов в процессе бурения**

| Индекс<br>стратиграфическо<br>го подразделения | Испытание (опробование) пластоиспытателем на трубах |                                      |                                                  | Опробование пластоиспытателем на кабеле |          |                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|-------------------------|
|                                                | вид операции<br>(испытание,<br>опробование)         | глубина нижней границы<br>объекта, м | количество циклов промывки по-<br>сле проработки | интервал, м                             |          | количество<br>проб, шт. |
|                                                |                                                     |                                      |                                                  | от (верх)                               | до (низ) |                         |
| 1                                              | 2                                                   | 3                                    | 4                                                | 5                                       | 6        | 7                       |

Таблица 18

**Прочие виды исследований**

| Название работы | Единица измерения | Объем работы |
|-----------------|-------------------|--------------|
| 1               | 2                 | 3            |

Таблица 19

*Испытание продуктивных горизонтов (освоение скважины) в эксплуатационной колонне*

| Индекс<br>стратиграфического<br>подразделения | Номер<br>объекта<br>(снизу<br>вверх) | Интервал залегания<br>объекта, м |          | Интервал установки це-<br>ментного<br>моста, м |          | Тип конструкции продуктив-<br>ного забоя: открытый забой,<br>фильтр, цемент, колонна | Тип установки для испытания<br>(освоения): передвижная, стаци-<br>онарная |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------|------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                      | от (верх)                        | до (низ) | от (верх)                                      | до (низ) |                                                                                      |                                                                           |
| 1                                             | 2                                    | 3                                | 4        | 5                                              | 6        | 7                                                                                    | 8                                                                         |

| Пласт<br>фонтанирующий<br>(да, нет) | Количество<br>режимов<br>(штуцеров)<br>испытания,<br>шт. | Диаметр<br>штуцеров,<br>мм | Последовательный перечень операций вызова притока или освоения нагнетательной скважины: смена раствора на воду (раствор-вода), смена раствора на нефть (раствор-нефть), смена воды на нефть (вода-нефть), аэрация (аэрация), понижение уровня компрессорами (компрессор) | Опорожнение колонны при испытании (освоении) |                                             |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                                     |                                                          |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                          | максимальное<br>снижение<br>уровня, м        | плотность<br>жидкости,<br>кг/м <sup>3</sup> |
| 9                                   | 10                                                       | 11                         | 12                                                                                                                                                                                                                                                                       | 13                                           | 14                                          |

Таблица 20

**Работы по перфорации эксплуатационной колонны при испытании (освоении)**

| Номер объекта (снизу вверх)<br>(см. табл. 17) | Перфорационная среда      |                              | Мощность перфорации, м | Вид перфорации: кумулятивная, пулевая снарядная, гидropескоструйная, гидроструйная | Типоразмер перфоратора | Количество отверстий на 1 м, шт | Количество одновременно спускаемых зарядов, шт | Количество спусков перфоратора | Предусмотрен ли спуск перфоратора на НКТ (да, нет) | Насадки для гидropескоструйной перфорации |                |
|-----------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|
|                                               | вид: раствор, нефть, вода | плотность, кг/м <sup>3</sup> |                        |                                                                                    |                        |                                 |                                                |                                |                                                    | диаметр, мм                               | количество, шт |
| 1                                             | 2                         | 3                            | 4                      | 5                                                                                  | 6                      | 7                               | 8                                              | 9                              | 10                                                 | 11                                        | 12             |

Таблица 21

**Интенсификация притока пластового флюида или повышение приемистости пласта в нагнетательной скважине**

| Номер объекта (снизу вверх)<br>(см. табл. 17) | Название процесса: солянокислотная обработка, обработка керосинокислотная, эмульсионная установка кислотной ванны, добавочная кумулятивная перфорация, гидроразрыв пласта, гидropескоструйная перфорация, обработка ПАВ, метод переменных давлений, закачка изотопов и др. операции, выполняемые по местным нормам | Количество операций, установок, импульсов, спусков перфоратора | Плотность жидкости в колонне, кг/м <sup>3</sup> | Давление на устье, МПа | Температура закачиваемой жидкости, °С | Глубина установки пакера, м | Мощность перфорации, м | Типоразмер перфоратора | Количество отверстий на 1 м, шт | Количество одновременно спускаемых зарядов, шт | Местные нормы времени, сут |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|
| 1                                             | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3                                                              | 4                                               | 5                      | 6                                     | 7                           | 8                      | 9                      | 10                              | 11                                             | 12                         |

Таблица 22

**Дополнительные работы при испытании (освоении)**

| Номер объекта<br>(см. табл. 18) | Название работ: промывка песчаной пробки; повышение плотности бурового раствора до; повторное понижение уровня аэрацией; теперный прогрев колонны (при освоении газового объекта); виброобработка объекта; частичное разбуривание цементного моста и др. дополнительные работы, выполняемые по местным нормам | Единица измерения | Количество | Местные нормы времени, сут |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|----------------------------|
| 1                               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                 | 4          | 5                          |

## Данные по эксплуатационным объектам

| Номер объекта<br>(см. табл. 18) | Плотность жидкости в колонне, кг/м <sup>3</sup> |                                | Пластовое давление на период поздней эксплуатации, МПа | Максимальный динамический уровень при эксплуатации, м | Установившаяся при эксплуатации температура, °С |                            | Данные по объекту, содержащему свободный газ |                                                | Заданный коэффициент запаса прочности в фильтровой зоне |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                 | на период ввода в эксплуатацию                  | на период поздней эксплуатации |                                                        |                                                       | в колонне на устье скважины                     | в эксплуатационном объекте | длина столба газа по вертикали, м            | коэффициент сжимаемости газа в стволе скважины |                                                         |
| 1                               | 2                                               | 3                              | 4                                                      | 5                                                     | 6                                               | 7                          | 8                                            | 9                                              | 10                                                      |

Таблица 24

## Данные по нагнетательной скважине

| Индекс<br>стратигра-<br>фического<br>подразделения | Номер объекта<br>(снизу вверх) | Интервал залегания<br>объекта нагнетания, м |          | Название (тип) нагнетаемого агента<br>(вода, нефть, газ, пар<br>и т.д.) | Режим нагнетания                      |                                                                              |                                                  |                        |                                        | Пакер |                       | Жидкость<br>за НКТ |                              |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------|-----------------------|--------------------|------------------------------|
|                                                    |                                | от (верх)                                   | до (низ) |                                                                         | плотность жидкости, кг/м <sup>3</sup> | относительная по воздуху<br>плотность нагнетаемого га-<br>зообразного агента | интенсивность нагнетания,<br>м <sup>3</sup> /сут | давление на устье, МПа | температура нагнетаемого<br>агента, °С | шифр  | глубина установ ки, м | тип                | плотность, кг/м <sup>3</sup> |
| 1                                                  | 2                              | 3                                           | 4        | 5                                                                       | 6                                     | 7                                                                            | 8                                                | 9                      | 10                                     | 11    | 12                    | 13                 | 14                           |

Таблица 25

## Промыслово-геофизические исследования

| Наименование<br>работ | Вертикальная скважина |             |
|-----------------------|-----------------------|-------------|
|                       | масштаб               | интервал, м |
| 1                     | 2                     | 3           |

### **1.3. Технологический раздел**

В технологическом разделе КП необходимо охарактеризовать конструкцию скважины, используемые способы бурения, типы и модели породоразрушающего инструмента, типы и параметры очистных агентов (буровых промывочных жидкостей), компоновки бурильной колонны для различных интервалов бурения. В случае бурения наклонно-направленных скважин необходимо дать характеристику профиля ствола скважины.

Технологическую часть КП рекомендуется излагать в следующем порядке:

- конструкция скважины;
- профиль ствола скважины;
- буровые растворы;
- углубление скважины.

#### **1.3.1. Конструкция скважины**

Дается характеристика конструкции скважин, реализуемая при строительстве скважин в районе буровых работ - число и глубина спуска обсадных колонн, их диаметры и обоснование и расчет диаметров долот по глубинам, конструкция призабойной зоны скважин, интервалы цементирования и перфорации.

Строится совмещенный график градиентов пластовых, поровых давлений, гидроразрыва пород и давления гидростатического столба бурового раствора. По данным совмещенного графика давлений и предполагаемым зонам осложнений определяются интервалы крепления скважины (таблицы 26–31).

Таблица 26

**Характеристика и устройство шахтового направления**

| Характеристика трубы |          |                                    |                    |          |                                                | Подготовка шахты или ствола, спуск и крепление направления |
|----------------------|----------|------------------------------------|--------------------|----------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Наружный диаметр, м  | длина, м | марка (группа прочности) материала | толщина стенки, мм | масса, т | ГОСТ, ОСТ, ТУ, МРТУ, МУ и т.д. на изготовление |                                                            |
| 1                    | 2        | 3                                  | 4                  | 5        | 6                                              | 7                                                          |

Таблица 27

**Совмещенный график давлений**

| Глубина, м | Индекс стратиграфического подразделения | Литология | Давление, кгс/см <sup>2</sup> |                               | Характеристика давлений пластового (порового) и гидроразрыва пород. Эквивалент градиента давлений |     |     |     |     |     |     |     | Глубина спуска колонны, м | Плотность бурового раствора, г/см <sup>3</sup> |
|------------|-----------------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|------------------------------------------------|
|            |                                         |           | пластовое, Р <sub>пл</sub>    | гидроразрыва, Р <sub>гр</sub> | 0,8                                                                                               | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |                           |                                                |
| 1          | 2                                       | 3         | 4                             | 5                             | 6                                                                                                 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14                        | 15                                             |

Таблица 28

## Глубина спуска и характеристика обсадных колонн

| Номер колонны<br>в порядке спуска | Название колонны (направление, кондуктор,<br>первая и последующие промежуточные, заме-<br>няющая, надставка, эксплуатационная) или от-<br>крытый ствол | Интервал по стволу сква-<br>жины (установка колонны<br>или открытый ствол), м |          | Номинальный диа-<br>метр ствола сква-<br>жины (долота) в ин-<br>тервале, мм | Расстояние от устья сква-<br>жины до уровня подъема<br>тампонажного раствора<br>за колонной, м |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                                                                                                                                        | от (верх)                                                                     | до (низ) |                                                                             |                                                                                                |
| 1                                 | 2                                                                                                                                                      | 3                                                                             | 4        | 5                                                                           | 6                                                                                              |

Окончание табл. 28

| Количество раз-<br>дельно спускаемых<br>частей колонны, шт. | Номер раздельно<br>спускаемой части в<br>порядке спуска | Интервал установки раз-<br>дельно спускаемой части, м |          | Глубина забоя при повороте сек-<br>ции, установке надставки или за-<br>меняющей, м | Необходимость (причина) спуска ко-<br>лонны (в том числе в один прием или<br>секциями), установки надставки,<br>смены или поворота секции |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             |                                                         | от (верх)                                             | до (низ) |                                                                                    |                                                                                                                                           |
| 7                                                           | 8                                                       | 9                                                     | 10       | 11                                                                                 | 12                                                                                                                                        |

Таблица 29

### Характеристика отдельно спускаемых частей обсадных колонн

| Номер<br>ко-<br>лонны<br>в по-<br>рядке<br>спуска | Раздельно спускаемые части        |                                                |                                                             |                                      |                                                     |                 |                                                            |                                                       |                              |                                    |                                                              |                                                              |          |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|
|                                                   | номер<br>в по-<br>рядке<br>спуска | коли-<br>чество<br>диа-<br>мет-<br>ров,<br>шт. | номер<br>однораз-<br>мерной<br>части в<br>порядке<br>спуска | наруж-<br>ный<br>диа-<br>метр,<br>мм | интервал уста-<br>новки однораз-<br>мерной части, м |                 | ограниче-<br><br>на тол-<br>щину<br>стенки не<br>более, мм | соединения обсадных труб в каждой одноразмерной части |                              |                                    |                                                              |                                                              |          |
|                                                   |                                   |                                                |                                                             |                                      | от<br><br>(верх)                                    | до<br><br>(низ) |                                                            | количе-<br>ство ти-<br>пов со-<br>единения,<br>шт.    | номер в<br>порядке<br>спуска | условный<br>код типа<br>соединения | максималь-<br>ный наруж-<br>ный диаметр<br>соединения,<br>мм | интервал установки<br>труб с заданным типом<br>соединения, м |          |
|                                                   |                                   |                                                |                                                             |                                      |                                                     |                 |                                                            |                                                       |                              |                                    |                                                              | от (верх)                                                    | до (низ) |
|                                                   |                                   |                                                |                                                             |                                      |                                                     |                 |                                                            |                                                       |                              |                                    |                                                              |                                                              |          |
| 1                                                 | 2                                 | 3                                              | 4                                                           | 5                                    | 6                                                   | 7               | 8                                                          | 9                                                     | 10                           | 11                                 | 12                                                           | 13                                                           | 14       |

Таблица 30

### Технико-технологические мероприятия, предусмотренные при строительстве скважины по проектной конструкции

| № пп | Наименование мероприятия или краткое описание | Причина проведения мероприятия |
|------|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| 1    | 2                                             | 3                              |

Таблица 31

**Максимально-допустимые гидродинамические давления в открытом стволе скважины  
при выполнении технологических операций**

| Интервал, м |          | Допустимая гидродинамическая составляющая ре-<br>прессии на границе интервала, кгс/см <sup>2</sup> |        | Допустимая гидродинамическая составляю-<br>щая депрессии на границе интервала, кгс/см <sup>2</sup> |        |
|-------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| от (верх)   | до (низ) | верхней                                                                                            | нижней | верхней                                                                                            | нижней |
| 1           | 2        | 3                                                                                                  | 4      | 5                                                                                                  | 6      |

### Расчет глубины спуска кондуктора

Минимально-необходимую глубину спуска кондуктора определяют по формуле :

$$H_{\kappa} = \frac{10 \times P_{nl} - \rho_{\phi} \times L_{nl}}{0,905 \times \rho_n - \rho_{\phi}} \quad (2)$$

где:

$\rho_n$  – нормальное уплотнение горных пород под башмаком кондуктора, г/см<sup>3</sup>;

$H_{\kappa}$  – расчетная глубина спуска колонны, м;

$P_{nl}$  – пластовое давление, кгс/см<sup>2</sup>;

$\rho_{\phi}$  – плотность флюида, г/см<sup>3</sup>;

$L_{nl}$  – глубина кровли продуктивного пласта, м

### Обоснование и расчет диаметров долот

Диаметр долот по интервалам бурения под указанные обсадные колонны определяется в соответствие с учетом особенностей геологического разреза. Величина минимальных радиальных зазоров между стенкой скважины и муфтой обсадной колонны определяется по формуле (3):

$$D_d = D_m + 2 \Delta \quad (3)$$

где

$D_d$  – диаметр долота, мм;

$D_m$  – диаметр муфты обсадных труб, мм,

$\Delta$  – минимально необходимый радиальный зазор для свободного прохода колонны в скважину при спуске, мм.

Таблица 32

|                                       |         |         |         |         |         |         |       |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Наружный диаметр обсадной колонны, мм | 114–127 | 140–168 | 178–194 | 219–245 | 273–299 | 324–351 | >377  |
| Радиальный зазор $\Delta$ , мм        | 7–10    | 10–15   | 15–20   | 20–25   | 25–30   | 30–40   | 40–50 |

### **1.3.2. Профиль ствола скважины**

Тип профиля обосновывается исходя из требований эксплуатации скважин. В случае проводки наклонно-направленных скважин и скважин с горизонтальным окончанием, бурения дополнительных (боковых) стволов производится характеристика профиля с учетом опыта строительства таких скважин в рассматриваемом районе работ. Характеристика профиля ствола скважины представляется поинтервально в таблице и в виде рисунка. Приводятся допустимые отклонения от проектных положений точек вскрытия продуктивных пластов. Построение профиля скважины производится с помощью компьютерных программ.

### **1.3.3. Буровые растворы**

Приводятся требования к буровым промывочным жидкостям, обоснование используемых типов и параметров (технологических регламентов) очистного агента (бурового раствора) для всех интервалов бурения. Обоснование ведется в расчете на предупреждение осложнений процессов проводки скважины и обеспечение безаварийного производства проводимых работ в стволе скважины, включая опробование и освоение продуктивных горизонтов.

Приводится компонентный состав бурового раствора, поинтервальный расчет необходимого количества бурового раствора и его компонентов, технология и средства очистки. Расчетные данные заносятся в таблицы 33-39.

### **Обоснование плотности применяемых буровых растворов**

Плотность буровых растворов для интервалов совместимых условий бурения рассчитывается исходя из условий сохранения устойчивости горных пород, слагающих стенки скважины, а в интервалах содержащих напорные пласты - создания столбом раствора гидростатического давления на забой, предотвращающего поступление пластового флюида в ствол скважины

В соответствии с ПБ в НПП рассчитывается минимально допустимая плотность бурового раствора из условия создания столбом раствора гидростатического давления на забой скважины при вскрытии продуктивного горизонта, превышающего проектные пластовые давления на величину не менее:

- 10 % для скважин глубиной до 1200 м (интервалов от 0 до 1200 м);
- 5 % для интервалов от 1200 м до проектной глубины.

Максимально допустимая плотность бурового раствора рассчитывается из условия - противодавление на горизонты не должно превышать пластовые давления на 1,5 МПа для скважин глубиной до 1200 м и 2,5 - 3,0 МПа для более глубоких скважин.

### Расчёт плотности раствора:

$$\rho = \frac{100 P_{пл} K}{H} \quad (4)$$

где:

$P_{пл}$  – пластовое давление, МПа;

$K$  – коэффициент запаса ( $K=1,10$  для скважин глубиной до 1200 м,  $K=1,05$  для скважин глубиной свыше 1200 м);

$H$  – глубина по вертикали кровли продуктивного пласта или глубина скважины, м.

Таблица 33

**Типы и параметры буровых растворов**

| Название (тип)<br>раствора | Интервал, м |          | Параметры бурового раствора     |                           |                                        |                    |    |           |
|----------------------------|-------------|----------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|--------------------|----|-----------|
|                            | от (верх)   | до (низ) | плотность,<br>г/см <sup>3</sup> | условная вяз-<br>кость, с | водоотдача, см <sup>3</sup> /30<br>мин | СНС, Па через, мин |    | корка, мм |
|                            |             |          |                                 |                           |                                        | 1                  | 10 |           |
| 1                          | 2           | 3        | 4                               | 5                         | 6                                      | 7                  | 8  | 9         |

Окончание табл. 33

| Параметры бурового раствора     |       |       |    |                    |                                |                                         |                                                 |
|---------------------------------|-------|-------|----|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Содержание твердой фазы, %      |       |       | рН | минерализация, г/л | пластическая вяз-<br>кость, сП | динамическое напряже-<br>ние сдвига, Па | плотность до утя-<br>желения, г/см <sup>3</sup> |
| Коллоидной, (активной)<br>части | песка | всего |    |                    |                                |                                         |                                                 |
| 10                              | 11    | 12    | 13 | 14                 | 15                             | 16                                      | 17                                              |

Таблица 34

**Компонентный состав бурового раствора и характеристики компонент**

| Номер интервала<br>с одинаковым<br>долевым соста-<br>вом бурового<br>раствора | Интервал, м |             | Название<br>(тип) рас-<br>твора | Плот-<br>ность<br>рас-<br>твора,<br>г/см <sup>3</sup> | Смена рас-<br>твора для<br>бурения<br>интервала<br>(ДА) НЕТ) | Название<br>компо-<br>нента | Плот-<br>ность,<br>г/см <sup>3</sup> | Содержание ве-<br>щества в товар-<br>ном продукте<br>(жидкости), % | Влаж-<br>ность, % | Сорт | Содержание<br>компонента в<br>буровом рас-<br>творе, кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------------------------------------------------------------------------|
|                                                                               | от (верх)   | до<br>(низ) |                                 |                                                       |                                                              |                             |                                      |                                                                    |                   |      |                                                                        |
| 1                                                                             | 2           | 3           | 4                               | 5                                                     | 6                                                            | 7                           | 8                                    | 9                                                                  | 10                | 11   | 12                                                                     |

Таблица 35

**Потребность бурового раствора и компонентов (товарный продукт) для его приготовления, обработки и утяжеления**

| Название компонентов бурового раствора | ГОСТ, ОСТ6 ТУ, МРТУ на изготовление | Потребность компонентов бурового раствора, т |   |   |                                         |                        |                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|---|---|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
|                                        |                                     | Номера обсадных колонн                       |   |   | На испытание пластов в процессе бурения | Регламентируемый запас | Суммарная на скважину без учета запаса, т |
|                                        |                                     | 1                                            | 2 | 3 |                                         |                        |                                           |
| 1                                      | 2                                   | 3                                            | 4 | 5 | 6                                       | 7                      | 8                                         |

Таблица 36

**Потребность воды или компонентов для обработки бурового раствора при разбуривании цементных станков**

| Номер колонны в порядке спуска | Название колонны | Номер раздельно спускаемой части колонны в порядке спуска | Номер ступени цементирования | Название компонентов для обработки раствора | Характеристика компонента    |              |                                                       |      | Норма расхода на обработку 1 м <sup>3</sup> раствора, кг/м <sup>3</sup> | Количество, кг |
|--------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
|                                |                  |                                                           |                              |                                             | плотность, г/см <sup>3</sup> | влажность, % | содержание вещества в товарном продукте (жидкости), % | сорт |                                                                         |                |
| 1                              | 2                | 3                                                         | 4                            | 5                                           | 6                            | 7            | 8                                                     | 9    | 10                                                                      | 11             |

Таблица 37

**Потребность компонентов для обработки бурового раствора при спуске обсадных колонн**

| Номер колонны в порядке спуска | Название колонны | Название компонентов для обработки раствора | Характеристика компонента    |              |                                                       |      | Норма расхода на обработку 1 м <sup>3</sup> раствора, кг/м <sup>3</sup> | Количество, кг |
|--------------------------------|------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
|                                |                  |                                             | плотность, г/см <sup>3</sup> | влажность, % | содержание вещества в товарном продукте (жидкости), % | сорт |                                                                         |                |
| 1                              | 2                | 3                                           | 4                            | 5            | 6                                                     | 7    | 8                                                                       | 9              |

Таблица 38

**Суммарная потребность компонентов бурового раствора на скважину**

| Название компонентов бурового раствора | ГОСТ, ОСТ, МРТУ, ТУ, МУ и т.д. на изготовление | Потребность компонентов бурового раствора, т |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                       |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------------------|
|                                        |                                                | номера колонн                                |   |   |   |   |   |   |    |    |    | суммарная на скважину |
|                                        |                                                | 1                                            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 |                       |
| 1                                      | 2                                              | 3                                            | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13                    |

Таблица 39

**Оборудование для приготовления и очистки буровых растворов**

| Название | Типоразмер или шифр | Количество, шт. | ГОСТ, ОСТ, МРТУ, ТУ, МУ и т.д. на изготовление | Использование очистных устройств                                                                         |             |          |
|----------|---------------------|-----------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
|          |                     |                 |                                                | ступенчатость очистки: 1 – вибросито;<br>2 – 1+пескоотделитель; 3 - 2+илоотделитель;<br>4 – 3+центрифуга | интервал, м |          |
|          |                     |                 |                                                |                                                                                                          | от (верх)   | до (низ) |
| 1        | 2                   | 3               | 4                                              | 5                                                                                                        | 6           | 7        |

### 1.3.4. Углубление скважины

В этом подразделе приводятся способы бурения скважин, типомодели долот и бурильных головок, режимы бурения (осевая нагрузка, расход бурового раствора, частота вращения), используемые поинтервально при строительстве скважин на данной площади (месторождении).

Дается характеристика используемых типоразмеров забойных двигателей, керноотборных устройств.

Поинтервально приводится выбор и расчет компоновок низа бурильных колонн (КНБК).

При этом отражаются тенденции совершенствования технологии бурения скважин с целью достижения оптимальных (для данных условий) показателей бурения.

Производится оценка правильности выбора используемой буровой установки, противовыбросового оборудования (ПВО), приводится схема его обвязки.

Указывается число и режимы работы буровых насосов, гидравлические показатели промывки скважины, обосновывается и выбирается система очистки бурового раствора с учетом природоохранных требований бурения скважин в рассматриваемом районе работ. Расчетные данные заносятся в таблицы 40-49.

### Расчет утяжеленных бурильных труб (УБТ)

Расчет УБТ сводится к определению их диаметра и длины. Диаметр УБТ определяют, исходя из условий обеспечения наибольшей жесткости в данных условиях бурения, а длину – в зависимости от нагрузки на долото. Отношение диаметра УБТ к диаметру ствола скважины должно быть возможно большим (0,75-0,85 для долот диаметром до 295,3мм, 0,65-0,75 диаметром свыше 295,3мм), но не более диаметра забойного двигателя. В зависимости от диаметра долота и условий бурения выбирают диаметр УБТ.

Подобрав диаметр УБТ, выбирают диаметр бурильных труб. Отношение диаметра бурильных труб к диаметру УБТ должно быть не менее 0,70÷0,75.

$$\frac{D_{бт}}{D_{убт}} \geq 0,70 \div 0,75 \quad (5)$$

Рассчитывают длину УБТ для вертикальных и наклонных скважин:

$$l_{убт} = \frac{1,25P_{дол}-G}{q_{убт}}, \quad (6)$$

где:

$l_{убт}$  – длина УБТ, м;

$P_{дол}$  – нагрузка на долото, МН;

$q_{убт}$  – вес 1 м УБТ, МН;

$G$  – вес забойного двигателя, МН.

## Расчет стальных бурильных труб (СБТ)

Для СБТ существуют следующие группы прочности: Д,К,Е,Л,М,Р,Т,У. Стандартом предусмотрено изготовление труб двух типов: с высаженными внутрь или наружу концами, с высаженными внутрь или наружу концами и коническими стабилизирующими поясками. Соединение замка с трубой предусмотрено по трубной конической или трапецеидальной резьбе.

В настоящее время в основном используются СБТ с приваренными замками, изготовленные по ГОСТу Р 50278-92 «Трубы бурильные с приваренными замками. Технические условия». Замки к трубам изготавливают по ГОСТу 27834-88 «Замки приварные для бурильных труб. Технические условия».

Обозначение труб с тремя типами приваренных высаженных концов:

ПВ – с внутренней высадкой,

ПН – с наружной высадкой,

ПК – с комбинированной высадкой внутрь и наружу,

конический заплечик под элеватор, а также с правой или левой резьбой.

## Расчёт бурильных колонн при бурении с использованием забойного двигателя

Если колонна одноразмерная (одного диаметра), то допускаемую глубину спуска колонны, составленную из труб с одинаковыми толщиной стенки и группой прочности материала, определяют по формуле:

$$l_{\text{доп}} = \frac{Q_p - k(Q_{\text{УБТ}} + G) * \left(1 - \frac{\rho_{\text{б.р.}}}{\rho_{\text{м}}}\right) - (p_0 + p_{\text{п}})F_k}{k q_{\text{БТ}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{б.р.}}}{\rho_{\text{м}}}\right)} \quad (7)$$

где:

$l_{\text{доп}}$  – допускаемая глубина спуска колонны, составленной из труб с одинаковой толщиной стенки и группой прочности материала, если колонна одноразмерная (одного диаметра), м;

$Q_p$  – допустимая растягивающая нагрузка для труб нижней секции, МН;

$k$  – коэффициент, учитывающий влияние трения, сил инерции и сопротивления движению раствора (принимается равным 1,15);

$Q_{\text{УБТ}}$  – вес УБТ, МН;

$\rho_{\text{б.р.}}, \rho_{\text{м}}$  – плотности бурового раствора и материала труб, г/см<sup>3</sup>;

$p_0, p_{\text{п}}$  – перепады давления на долоте и турбобуре, МПа;

$F_k$  – площадь проходного канала трубы, м<sup>2</sup>;

$q_{\text{БТ}}$  – вес 1 м бурильной колонны, МН;

$G$  – вес забойного двигателя, МН.

$$Q_p = \sigma_{\text{т}} F_{\text{тр}} / n,$$

где:

$\sigma_t$  – предел текучести материала труб, МПа;

$F_{тр}$  – площадь сечения, м<sup>2</sup>;

$n$  – коэффициент запаса прочности (принимается равным 1,3 для нормальных условий бурения и 1,35 для осложнённых).

$$Q_p = Q_{пр}/n \quad (8)$$

где:

$Q_{пр}$  – предельная нагрузка, МН.

$$q_{БТ} = \frac{q_1 l + q_2 + q_3}{l} \quad (9)$$

где:

$q_1$  – вес единицы длины гладкой трубы, МН;

$q_2$  – вес высаженных концов, МН;

$q_3$  – вес бурильного замка, МН;

$l$  – длина трубы, м.

Общая длина колонны:  $L = l_{доп} + l_{УБТ}$ .

Если бурильная колонна состоит из труб разных диаметров, разных толщин стенок и групп прочности материала труб, то такая колонна называется многомерной или многоступенчатой. Например, двухступенчатая состоит в верхней части из труб большего диаметра, а в нижней – из труб меньшего диаметра. В данном случае длины секций нижней ступени определяются по формулам:

$$l_{доп} = \frac{Q_p - k(Q_{УБТ} + G) * (1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m}) - (p_0 + p_n)F_k}{kq_{БТ}(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m})} \quad (10)$$

и

$$l_2 = \frac{Q_{p2} - Q_{p1}}{kq_{БТ2}(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m})} \quad (11)$$

где:

$Q_{p1}, Q_{p2}$  – допустимые растягивающие нагрузки для труб первой и второй секции, МН;

$q_{БТ2}$  – вес 1 м труб второй секции бурильной колонны, МН.

Длины первой и второй секций верхней ступени:

$$l_{m+1} = \frac{Q_{p(m+1)} - Q_{pm} - p_0 F_{тк}}{kq_{(m+1)}(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m})} \quad (12)$$

и

$$l_{m+2} = \frac{Q_{p(m+2)} - Q_{p(m+1)}}{kq_{(m+2)}(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m})} \quad (13)$$

где:

$m$  – число секций труб нижней ступени;

$Q_{pm}$  – допустимая нагрузка для труб последней секции нижней ступени, МН;

$Q_{p(m+1)}$ ,  $Q_{p(m+2)}$  – допустимые нагрузки для труб первой и второй секций верхней ступени, МН;

$F'_k$  – разность площадей проходных сечений труб нижних секций второй и первой ступеней бурильной колонны, м<sup>2</sup>;

$q_{m+1}$ ,  $q_{m+2}$  – вес 1 м труб первой и второй секций, МН.

$Q_{pm} = Q_{пр m}/n$ ;  $Q_{p(m+1)} = Q_{пр (m+1)}/n$ ;  $Q_{p(m+2)} = Q_{пр (m+2)}/n$ .

## Расчёт бурильных колонн при роторном способе бурения.

### Расчёт на выносливость.

#### 1. Переменные напряжения изгиба

$$\sigma_a = \frac{\pi^2 E I f}{2 \cdot 10^6 L^2 W_{изг}} \quad (14)$$

$E$  – модуль упругости, Н/см<sup>2</sup> ( $E = 21 \cdot 10^6$ );

$I$  – осевой момент инерции сечения трубы, см<sup>4</sup> ( $I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ , где  $D$  и  $d$  – соответственно наружный и внутренний диаметр трубы, см);

$f$  – стрела прогиба, см ( $f = 0,5 (D_{скв} - D_3)$ , причём  $D_{скв}$  – диаметр скважины, см

( $D_{скв} = 1,1 D_{дол}$ );  $D_{дол}$  – диаметр долота, см;  $D_3$  – диаметр замка, см);

$W_{изг}$  – момент сопротивления высаженного конца в основной плоскости резьбы, в опасном сечении трубы по пояску и по сварному шву, см<sup>3</sup>.

$$W_{изг} = \frac{\pi}{32} \frac{D_{нвк}^4 - d_{ввк}^4}{D_{нвк}} \quad (15)$$

$D_{нвк}$  – наружный диаметр высаженного конца, см;

$d_{ввк}$  – внутренний диаметр высаженного конца, см.

$$L = \frac{10}{\omega} \sqrt[4]{\frac{0,2 I \omega^2}{q}} \quad (16)$$

$L$  – длина полуволны, м;

$\omega$  – угловая скорость вращения колонны, рад/с.

#### 2. Постоянные напряжения изгиба

$$\sigma_m = 2\sigma_a \quad (17)$$

### 3. Коэффициент запаса прочности на выносливость

$$n = \frac{(\sigma_{-1})_д}{\sigma_a + (\psi_\sigma)_д \sigma_m} \quad (18)$$

$(\sigma_{-1})_д$  – предел выносливости (в атмосфере), МПа.

Коэффициент запаса прочности на выносливость должен быть  $n \geq 1,9$ .

### Расчёт на статическую прочность.

Расчёт на статическую прочность ведётся на совместное действие растягивающих и касательных напряжений.

#### Одноразмерная колонна.

1. Растягивающие напряжения (в МПа) задаются длиной первой (нижней) секции труб

$$\sigma_p = \frac{k (Q_{БТ} + Q_{УБТ}) \left(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m}\right) + p_0 F_k}{F_{тр}} \quad (19)$$

$Q_{БТ}$  – вес всех труб данной секции, МН.

2. Касательные напряжения (в Н/см<sup>2</sup>) для заданной секции

$$\tau = M_{кр} / W_{кр},$$

$W_{кр}$  – момент сопротивления при кручении бурильной колонны, см<sup>3</sup>

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) \quad (20)$$

$M_{кр}$  – крутящий момент, передаваемый бурильной колонне, Н \* см

$$M_{кр} = 974000 \frac{N_b + N_d}{n \frac{30}{\pi}} \quad (21)$$

$N_b$  – мощность, расходуемая на вращение бурильной колонны, кВт

$$N_b = 1,35 * 10^{-4} L D^2 \left( \frac{30n}{\pi} \right)^{1,5} D_{дол}^{0,5} \rho_{б.р.} \quad (22)$$

$L$  – длина колонны, м;  $D$  – наружный диаметр бурильных труб, м;  $n$  – частота вращения бурильной колонны, рад/с;  $D_{дол}$  – диаметр долота, м;  $\rho_{б.р.}$  – плотность бурового раствора, г/см<sup>3</sup>;  $N_d$  – мощность, расходуемая на вращение долота, кВт.

$$N_d = c * 10^{-4} * 398 n D_{дол}^{0,4} P_{дол}^{1,3} \frac{30}{\pi} \quad (23)$$

$c$  – коэффициент крепости пород (для мягких пород  $c = 7,8$ ; для пород средней крепости  $c = 6,95$ ; для крепких пород  $c = 5,56$ );  $D_{дол}$  – диаметр долота, мм;  $P_{дол}$  – нагрузка на долото, МН.

3. Коэффициент запаса прочности при совместном действии нормальных и касательных напряжений

$$n = \frac{\sigma_T}{\sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2}} \quad (24)$$

или приближенно

$$n = \frac{\sigma_T}{1,04\sigma_p} \quad (25)$$

Для бурения вертикальных скважин должно быть  $n = 1,4$  в нормальных условиях и  $n = 1,45$  – в осложнённых условиях.

Если коэффициент запаса прочности не отвечает требуемым величинам, то изменяют длину секции или принимают трубы большей прочности. Затем задаются трубами второй секции, отличающимися большей прочностью, и проводят аналогичный расчёт.

Если необходимо определить длины секций труб при заданном коэффициенте запаса прочности, то, используя приближённую формулу, можно определить длины секций:

а) первая секция одноразмерной колонны

$$l_1 = \frac{Q_{p1} - kQ_{убт} \left(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m}\right) - p_0 F_k}{kq_1 \left(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m}\right)} \quad (26)$$

$$Q_{p1} = \frac{Q_{пр1}}{1,04n} \quad (27)$$

б) вторая секция одноразмерной колонны

$$l_2 = \frac{Q_{p2} - Q_{p1}}{kq_2 \left(1 - \frac{\rho_{б.р.}}{\rho_m}\right)} \quad (28)$$

$$Q_{p2} = \frac{Q_{пр2}}{1,04n} \quad (29)$$

Общая длина колонны:  $L = l_1 + l_2 + l_{убт}$ .

## Приложения

В приложениях рекомендуется включать материалы, дополняющие содержание КП – вспомогательные таблицы, нормативные документы (инструкции и т.д.), иллюстрации вспомогательного характера.

### 2.1. Список использованной литературы

Примерный перечень использованной литературы представлен в п.6.

В курсовом проекте должны быть ссылки на литературные источники. Список литературы должен быть оформлен строго в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка».

### 3. Оформление КП

Текстовая часть КП должна излагаться в порядке, изложенном в разделе 2.

КП оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 и Методическими указаниями по оформлению [25], должна быть написана четко, аккуратно и грамотно. Текст работы набирается на компьютере и печатается на листах формата А4. Текст на листе должен иметь книжную ориентацию, альбомная ориентация допускается только для таблиц и схем приложений. Поля страницы должны иметь следующие размеры: левое – 25 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм. Текст печатается через полтора интервала шрифтом TimesNewRoman, 14 кегль (для сносок 12 кегль). Номера страниц размещаются в правом верхнем углу. Применяется сквозная нумерация листов. Номера страниц на титульном листе и приложениях не проставляются. Второй лист работы – оглавление.

Объем текстового материала КП должен содержать, как правило, не более 20–30 страниц основного машинописного текста, без учета приложений.

Примерное соотношение между отдельными частями работы: введение – 1 страница, список использованных источников – 1-2 страницы. Большую часть работы должен представлять технологический раздел.

В тексте не допускается сокращение слов, за исключением общепринятых.

В каждом разделе кратко излагаются исходные данные, обоснование и содержание принятых решений.

Иллюстрации являются необходимым условием содержания КП. Они могут быть представлены в виде рисунков, схем, таблиц, графиков и диаграмм, которые должны наглядно дополнять и подтверждать изложенный в тексте материал.

Все таблицы и рисунки следует нумеровать, а в тексте давать на них ссылки.

При использовании в тексте положений, цитат, заимствованных из литературных источников, студент обязан сделать ссылки на них в соответствии с установленными правилами.

Список литературы составляется в алфавитном порядке фамилий авторов или названий книг. В него вносятся лишь те источники, на которые в тексте сделаны ссылки [25].

Напечатанный КП должен быть сброшюрован (прошит по левому краю страниц). Разрешается использование для этого специальных папок, предназначенных для КП.

#### 4. Защита КП

В выступлении студент излагает актуальность, объект и предмет, цели и задачи исследования, дает краткое описание технико-технологической базы и представляет результаты работы. Курсовой проект оценивается на основании отзыва научного руководителя, содержащего качественную оценку степени решения поставленных цели и задач; уровень профессиональности и самостоятельности проведения исследования, наличие практических рекомендаций; соответствия оформления данного проекта установленным требованиям.

На защите КП оценивается также выступление студента, что включает в себя:

- умение максимально кратко и логично доложить в устной форме основную проблему, методы ее решения и полученные выводы;
- умение квалифицированно отвечать на поставленные вопросы по теме исследования;
- выдержать регламент выступления (до 10 минут).

Основными качественными критериями оценки КП являются:

- актуальность и новизна темы;
- полнота и качество собранных технико-технологических данных;
- обоснованность привлечения тех или иных методов решения поставленных задач;
- глубина и обоснованность анализа и интерпретации полученных результатов;
- четкость и грамотность изложения материала, качество оформления работы, учет настоящих «Правил»;
- умение вести полемику по теоретическим и практическим вопросам, глубина и правильность ответов на вопросы руководителя.

Высокой оценки заслуживают КП, темы которых представляют методический или практический интерес, свидетельствуют об использовании автором адекватных приемов анализа, современных методов и средств решения поставленных задач. Структура работы, оцененной на «отлично», должна быть логичной и соответствовать поставленной цели. В ее заключении должны быть представлены четкие, обоснованные выводы, вносящие вклад в разрешение поставленной проблемы и намечающие перспективы ее дальнейшей разработки. Работа соответствовать действующим ГОСТам и настоящим «Правилам», содержать приложения в виде схем, таблиц, графиков, иллюстраций и т.д. Условием получения отличной оценки являются краткость и логичность вступительного слова студента, а также четкие и аргументированные ответы на вопросы. В тех случаях, когда КП не в полной мере отвечает перечисленным выше требованиям, она оценивается более низким баллом.

## 5. Список рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Агзамов, Ф. А. Химия тампонажных и промывочных растворов : учеб. пособие / Ф. А. Агзамов, Б. С. Измухамбетов, Э. Ф. Токунова. – Санкт-Петербург : Недра, 2011. – 268 с.
2. Басарыгин, Ю. М. Заканчивание скважин : учеб. пособие для вузов / Ю. М. Басарыгин, А. И. Булатов, Ю. М. Проселков. – Москва : Недра, 2000. – 670 с.
3. Басарыгин, Ю. М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин / Ю. М. Басарыгин, А. И. Булатов, Ю. М. Проселков. – Москва : [б. и.], 2006. – 680 с.
4. Басарыгин, Ю. М. Технологические основы освоения и глушения нефтяных и газовых скважин : учебник для вузов / Ю. М. Басарыгин, В. Ф. Будников, А. И. Булатов, Ю. М. Проселков. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2001. – 543 с.
5. Басарыгин, Ю. М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин : учеб. для вузов / Ю. М. Басарыгин, А. И. Булатов, Ю. М. Проселков. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2001. — 679 с.
6. Батлер, Р. М. Горизонтальные скважины для добычи нефти, газа и битумов / Р. М. Батлер. – Москва ; Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 536 с.
7. Булатов, А. В. Спутник буровика : справочное пособие : в 2 кн. / А. В. Булатов, С. В. Долгов. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2006. – 534 с.
8. Булатов, А. И. Бурение и освоение нефтяных и газовых скважин. Терминологический словарь-справочник / А. И. Булатов, Ю. М. Проселков. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2007. – 255 с.
9. Буровое оборудование : справочник : в 2 т. – Москва : Недра, 2000. – 480 с.
10. Ганджумян, Р. А. Инженерные расчеты при бурении глубоких скважин / Р. А. Ганджумян, А. Г. Калинин, Б. А. Никитин. – Москва : Недра, 2000. – 489 с.
11. Ганджумян, Р. А. Расчеты в бурении : справ. пособие / Р. А. Ганджумян, А. Г. Калинин, Н. И. Сердюк. – Москва : РГГРУ, 2007. – 668 с.
12. Долгих, Л. Н. Расчеты крепления нефтяных и газовых скважин : учеб. пособие / Л. Н. Долгих. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2006.
13. Дорощенко, Е. В. Специалист по ремонту нефтяных и газовых скважин : учеб. пособие. / Е. В. Дорощенко, Б. В. Покрепин, Г. В. Покрепин. – Волгоград : Инфолио, 2009. – 288 с. – (Профессиональная подготовка).
14. Инструкция по креплению нефтяных и газовых скважин. РД 3900147001-767-2000. – Краснодар : НПО «Бурение», 2000. – 278 с.
15. Калинин, А. Г. Бурение нефтяных и газовых скважин / А. Г. Калинин. – Москва : ЛитНефтеГаз, 2008. – 848 с.

16. Крылов, В. И. Изоляция поглощающих пластов в глубоких скважинах / В. И. Крылов. – Москва : Недра, 1998. – 304 с.
17. Муравенко, В. А. Монтаж бурового оборудования / В. А. Муравенко, А. Д. Муравенко, В. А. Муравенко. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2007.
18. Поляков, В. Н. Технология заканчивания нефтяных и газовых скважин / В. Н. Поляков, Р. К. Ишкаев, Р. Р. Лукманов. – Уфа : ТАУ, 1999. – 408 с.
19. Попов, А. Н. Технология бурения нефтяных и газовых скважин : учебник для вузов / А. Н. Попов, А. И. Спивак, Т. О. Акбулатов [и др.]. – Москва : Недра-Бизнесцентр, 2004.
20. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. – Москва : Ростехнадзор, 2013.
21. Рязанов, Я. А. Энциклопедия по буровым растворам / Я. А. Рязанов. – Оренбург : Летопись, 2005. – 664 с.
22. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, А. В. Хорошилов, Г. М. Флорианович. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 376 с.
23. Справочник бурового мастера : научно-практическое пособие : в 2 т. / В. П. Овчинников, С. И. Грачев, А. А. Фролов. – Москва : Инфра-Инженерия, 2006.
24. Шенберг, В. М. Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважинах : учебное пособие / В. М. Шенберг, Г. П. Зозуля, М. Г. Гейхман, И. С. Мишешин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2007. – 496 с.

#### **Методические издания**

1. Иванова, Т. Н. Методические указания по оформлению контрольной работы, отчета по практике, курсовой работы (проекта), выпускной квалификационной работы для студентов направления «Нефтегазовое дело» / Т. Н. Иванова, М. Б. Полозов ; «Удмуртский государственный университет». – Ижевск : Удмуртский университет, 2017. – 45 с.
2. Основы проектирования строительства скважин : методические указания к практическим и лабораторным работам по дисциплине «Основы проектирования строительства скважин» / Г. В. Миловзоров, А. Г. Миловзоров, И. В. Наговицина ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», Ин-т нефти и газа им. М. С. Гущериева, Каф. «Бурение нефтяных и газовых скважин». – Ижевск : Удмуртский университет, 2014. – 43 с.
3. Руководство пользователя ПК «Проектирование бурения» / ООО «Бурсофтпроект». – Москва : Бурсофтпроект, 2014. – 47 с. – URL: <http://www.burproject.ru/download.html> (дата обращения: 25.09.2026).

*Периодические издания*

1. Журнал «Нефтегазовая вертикаль». Ссылка: <http://ngv.ru>
2. «Журнал «Нефтяное хозяйство». Ссылка: <http://www.oil-industry.ru>
3. «Журнал «Нефть России». Ссылка: <http://press.lukoil.ru>
4. Журнал «Геология нефти и газа». Ссылка: <http://www.geoinform.ru>
5. Журнал «Бурение и нефть». Ссылка: <http://burneft.ru/>

**Образец оформления титульного листа**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева  
Кафедра «Бурения нефтяных и газовых скважин»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**по дисциплине «Технология бурения нефтяных и газовых скважин»  
на тему:  
«Строительство наклонно-направленной скважины на Мишкинском  
месторождении»**

Выполнил(а) студент(ка):

\_\_\_\_\_

ФИО студента(ки)

направления подготовки/специальности

\_\_\_\_\_

Наименование направления подготовки/специальности

Группы \_\_\_\_\_

Наименование группы

Научный руководитель:

\_\_\_\_\_

ФИО, должность, ученое звание

Итоговая оценка по курсовой работе (проекту) \_\_\_\_\_

Оценка, подпись руководителя

Ижевск

\_\_\_\_\_ г.

### **ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИЗДАНИЯ:**

Интерфейс электронного издания (в формате pdf) можно условно разделить на 2 части.

Левая навигационная часть (закладки) включает в себя содержание книги с возможностью перехода к тексту соответствующей главы по левому щелчку компьютерной мыши.

Центральная часть отображает содержание текущего раздела. В тексте могут использоваться ссылки, позволяющие более подробно раскрыть содержание некоторых понятий.

### **МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:**

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше; 8x DVD-ROM; разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

### **СВЕДЕНИЯ О ЛИЦАХ, ОСУЩЕСТВЛЯВШИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ МАТЕРИАЛОВ:**

Оформление электронного издания: Издательский центр «Удмуртский университет».

Компьютерная верстка: Данилова В. В.

Авторская редакция