

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации  
и переподготовки

Кафедра «Разработка, эксплуатация нефтяных  
месторождений и транспорт нефти»

**Т. В. Атвиновская**

# **ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**ПРАКТИКУМ**

**по выполнению лабораторных работ**

**по одноименной дисциплине**

**для слушателей специальности**

**1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»  
заочной формы обучения**

Гомель 2019

УДК 622.24(075.8)  
ББК 33.131я73  
А92

*Рекомендовано кафедрой «Разработка, эксплуатация  
нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 27.11.2018 г.)*

Рецензент: зав. ООС БелНИПИнефть канд. техн. наук, доц. Д. В. Порошин

**Атвиновская, Т. В.**

А92      Технология бурения нефтяных и газовых скважин : практикум по выполнению лаборатор. работ по одноим. дисциплине для слушателей специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч. формы обучения / С. В. Козырева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 62 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит необходимые сведения для ознакомления слушателей с задачами по основным изучаемым темам курса «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» в соответствии с программой данной дисциплины.

Для слушателей специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заочной формы обучения.

**УДК 622.24(075.8)  
ББК 33.131я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2019

## Предисловие

Цель настоящего лабораторного практикума, содержащего задания по курсу «Технология бурения нефтяных и газовых скважин», – дать расширенные теоретические знания слушателям.

В лабораторном практикуме даны задачи по основным изучаемым темам курса. В начале каждого лабораторного занятия приводятся краткие теоретические аспекты изучаемой темы, далее – расчет задачи и исходные данные для индивидуального решения. Основная цель задач для индивидуального решения – самостоятельный поиск оптимальных решений.

Данные лабораторные занятия помогут слушателям закрепить теоретический материал, изучаемый на лекциях.

Слушатели на лабораторных занятиях работают по следующей схеме:

- 1) изучают теоретические аспекты рассматриваемой темы;
- 2) рассматривают условия и исходные данные индивидуального задания;
- 3) расчеты проводятся в тетради, должны быть аккуратно оформлены, написаны четким почерком, без помарок;
- 4) решенное индивидуальное задание представляется к защите.

## Терминология

*Бурение* – процесс образования горной выработки, преимущественно круглого сечения, путем разрушения горных пород буровым инструментом за счет, главным образом, механического воздействия (реже – немеханического: термического, гидро-эрозионного, взрывного, химического и другого воздействия) на них с удалением продуктов разрушения.

*Скважина* (нефтяная, газовая, водяная и т. п.) – сооружение, преимущественно круглого сечения, образуемое путем бурения и крепления и характеризуемое относительно малым размером площади поперечных сечений по сравнению с размером площади боковой поверхности и заранее заданным положением в пространстве.

*Буровой инструмент* – общее название механизмов и приспособлений, применяемых при бурении скважин и ликвидации аварий, возникающих в скважинах.

*Ударный способ бурения* – способ сооружения скважин путем разрушения горных пород за счет ударного воздействия породоразрушающего инструмента на забой (дно) скважины.

*Вращательный способ бурения* – механический способ сооружения скважин путем разрушения горных пород за счет вращения прижатого к забою породоразрушающего инструмента (долота, коронки).

*Буровой раствор* – (промывочная жидкость) – технологическое наименование сложной многокомпонентной дисперсной системы суспензионных и азрированных жидкостей, применяемых при промывке скважин в процессе бурения.

*Обсадные трубы* – трубы, предназначенные для крепления скважин, а также изоляции продуктивных горизонтов при эксплуатации нефтяного (газового) пласта (горизонта).

*Обсадная колонна* – колонна, состоящая из последовательно свинченных (сваренных) обсадных труб.

*Затрубное пространство* – пространство между стенками скважины (обсадной колонны) и наружными стенками колонны бурильных труб, образующееся в процессе бурения.

*Разведочное бурение* – бурение скважин с целью разведки нефтяных (газовых) месторождений. Входит в комплекс работ, позволяющий оценить промышленное значение нефтяного (газового) месторождения, выявленного на поисковом этапе, и подготовить его к разработке.

*Эксплуатационное бурение* – бурение скважин с целью разработки нефтяных (газовых) месторождений.

*Погружной забойный двигатель (ПЗД)* — буровая машина, приводимая в действие за счет подаваемой с поверхности гидравлической (ГЗД: турбобур или винтовой забойный двигатель) или электрической (электробур) энергии, включаемая в состав компоновки низа бурильной колонны (КНБК) и спускаемая в скважину в качестве привода породоразрушающего инструмента (ПРИ — бурового долота), сообщая ему вращательное движение для бурения скважин в различных геологических условиях.

*Турбобур* – гидравлический забойный двигатель (ГЗД) гидродинамического типа, содержащий многоступенчатую осевую гидравлическую турбину и предназначенный для бурения скважин в различных геологических условиях без вращения бурильной колонны.

*Винтовой забойный двигатель (ВЗД)* - гидравлический забойный двигатель гидростатического (объемного) типа, содержащий рабочую (винтовую) пару и предназначенный для бурения скважин в различных геологических условиях без вращения бурильной колонны.

*Турбинный способ бурения* – бурение скважин при помощи погружных забойных двигателей (ПЗД): турбобуров, винтовых забойных двигателей или электробуров без вращения бурильной колонны.

*Цементирование (тампонирование) скважины* – закачка цементного раствора в кольцевое пространство между стенками скважины и обсадной колонны.

*Бурильная колонна* – ступенчатый полый вал, соединяющий буровое долото (породоразрушающий инструмент) с наземным оборудованием (буровой установкой) при бурении скважины.

*Бурильная свеча* – часть бурильной колонны, неразъемная во время спускоподъемных операций; состоит из двух, трех или четырех бурильных труб, свинченных между собой.

*Буровая установка (БУ)* – комплекс машин и механизмов, предназначенных для бурения и крепления скважин.

*Буровая вышка* – один из основных элементов буровой установки, представляющий собой сооружение, устанавливаемое над буровой скважиной для спуска и подъема бурового инструмента, забойных двигателей, обсадных труб.

*Буровая лебедка* – один из основных элементов буровой

установки, представляющий собой механизм, предназначенный для спуска и подъема колонны бурильных труб, подачи бурового долота на забой скважины, спуска обсадных труб, передачи мощности на ротор.

*Талевая система буровых установок* – ряд механизмов (кронблок, талевый блок, крюк и крюкоблок), преобразующих вращательное движение барабана лебедки в поступательное (вертикальное) перемещение крюка.

*Ротор* – механизм, предназначенный для передачи вращения колонне бурильных труб в процессе бурения, поддержания ее на весу при спускоподъемных операциях и вспомогательных работах.

*Вертлюг* – механизм, обеспечивающий вращение бурильной колонны, подвешенной на крюке, и подачу через нее промывочной жидкости.

*Буровой насос* – гидравлическая машина для нагнетания промывочной жидкости в буровую скважину.

*Буровая платформа* – установка для бурения на акваториях с целью разведки или эксплуатации минеральных ресурсов под дном моря.

*Силовой привод буровой установки* – комплекс машин и механизмов, предназначенных для преобразования электрической энергии или энергии топлива в механическую энергию.

*Вибрационное сито* – механизм для очистки бурового раствора (промывочной жидкости) от выбуренной породы и других механических примесей.

*Химические реагенты* – различные химические вещества, предназначенные для регулирования свойств буровых растворов (промывочной жидкости).

*Ведущая бурильная труба* – труба обычно квадратного сечения, соединенная с вертлюгом, которая устанавливается наверху бурильной колонны и передает ей вращение от ротора.

*Шурф для ведущей трубы* – неглубокая скважина, сооружаемая рядом с ротором и предназначенная для опускания ведущей трубы во время наращивания бурильных труб в периоды, когда не бурят.

*Шарошечное буровое долото* – механизм, состоящий из сферических или цилиндрических шарошек, смонтированных на подшипниках качения или скольжения (или их комбинации) на цапфах секций бурового долота.

*Лопастное буровое долото* – корпус с присоединительной резьбой, к которому привариваются три и более лопастей.

*Бурильные трубы* – основная часть бурильной колонны. Бурильные трубы изготавливают бесшовными, из углеродистых или легированных сталей.

*Бурильные замки* – соединительный элемент бурильных труб для свинчивания их в колонну. Бурильный замок состоит из ниппеля и муфты, закрепляемых на концах бурильной трубы.

*Утяжеленные бурильные трубы (УБТ)* – трубы, предназначенные для создания нагрузки на породоразрушающий инструмент и увеличения жесткости нижней части бурильной колонны.

*Индикатор массы (веса)* – прибор, при помощи которого в процессе бурения определяется осевая нагрузка на долото. Этим прибором определяется также нагрузка, действующая на крюк талевого системы.

Выше приведены только основные термины, широко используемые при бурении нефтяных и газовых скважин. Специалист любого уровня, занимающийся бурением нефтяных и газовых скважин, должен свободно владеть этой терминологией.

## Лабораторная работа № 1

### Разграничение геологических разрезов на интервалы одинаковой буримости

**Цель:** выделить пакки одинаковой буримости по результатам бурения опорной скважины.

#### 1. Теоретическая часть

*Буримость* горных пород определяется совокупностью геологических и технико-технологических факторов и характеризует затраты средств и труда на бурение того или иного интервала пород. С точки зрения технологии бурения изучение буримости связано с оптимизацией процесса бурения. Оптимизация бурения базируется на вероятностной информации. Накопление и обобщение информации ведется по пачкам одинаковой буримости горных пород. Объективное выделение пачек в разрезе является одной из основных задач изучения буримости пород.

В основе выделения пачек должна лежать геологическая информация. Теоретически показателем буримости породы является время бурения 1 м скважины. Известна формула, которая позволяет разделить большое количество факторов, влияющих на буримость пород, **на две основные группы:** *первая* – факторы, влияющие на начальную механическую скорость бурения; *вторая* – факторы, влияющие на износ породоразрушающего инструмента и определяющие величину коэффициента  $K$  в формуле (1.1):

$$V = V_0 \cdot e^{-Kt}, \quad (1.1)$$

где  $V$  – скорость бурения в любой момент времени;  $V_0$  – начальная скорость бурения;  $K$  – коэффициент, учитывающий падение скорости из-за износа долота;  $t$  – время бурения;  $e$  – основание натурального логарифма.

Первая группа факторов включает параметры режима бурения, конструктивные особенности породоразрушающего инструмента и показатели, характеризующие сопротивляемость породы внедрению в нее зубьев долота. Во вторую группу факторов, кроме перечисленных в первой группе, входят еще абразивные свойства породы и параметры износостойкости породоразрушающего инструмента.

Таким образом, важной стадией проектирования технологии проводки скважин на основе анализа промысловых данных о работе долот, призванной повысить надежность и достоверность прогнозирования их показателей, является разграничение геологических разрезов скважин и площадей на интервалы одинаковой буримости. В связи с тем, что буримость пород – это не имманентное (изначально присущее породе) свойство, а проявление ее физико-механических свойств в процессе бурения, установление критерия буримости пород должно вестись на основе анализа самого этого процесса и, прежде всего, показателей работы долот.

Разбивка разреза скважин на интервалы одинаковой буримости пород является, прежде всего, операцией, обеспечивающей правильную группировку показателей работы долот при их анализе. Для этого может быть использован один из ТЭП. Однако продолжительность работы долот и проходка на долото в большей степени зависят от качества изготовления долот, различия в методах и степени их отработки и т. п., которые меньше всего определяют показатель буримости. При использовании фактических рейсовой скорости и себестоимости 1 м проходки число таких факторов возрастает еще больше. Поэтому для характеристики разрушаемости горных пород более приемлемой является механическая скорость, отражающая темп углубления скважины и степень трудности разрушения пород на забое. Об информативности этого показателя свидетельствует тот факт, что с помощью графиков текущей механической скорости четко отбиваются литологические границы пород.

Таким образом, механическая скорость является наиболее информативным показателем для определения интервалов одинаковой буримости пород при фиксированных технико-технологических условиях бурения, когда используется один тип долота при постоянных параметрах режима бурения, в том числе без изменения состава и свойств бурового раствора. Различие технико-технологических условий пород скважины в определенной степени затрудняет установление интервалов одинаковой буримости.

Для решения задачи разграничения геологических разрезов скважин на интервал одинаковой буримости пород применяют два различных подхода. Один из них состоит в предварительной разбивке разреза на стратиграфические горизонты или литологические пачки пород и последующего анализа показателей работы долот. Однако

границы стратиграфических горизонтов необязательно совпадают с границами однородных по буримости пачек пород. Другой подход – в предварительной разбивке совокупности показателей работы долот по скважине на однородные группы либо графически, либо с помощью статистических методов и последующей привязке выделенных границ к геологическому разрезу скважины. Графический метод установления интервалов пород по буримости основан на визуальном разграничении графиков углубления скважин (рис. 1.1), где угол наклона определяет среднюю механическую скорость в процессе каждого долбления, или определении интервалов с близкими по значению  $V_{\text{мех}}$  (рис. 1.1).

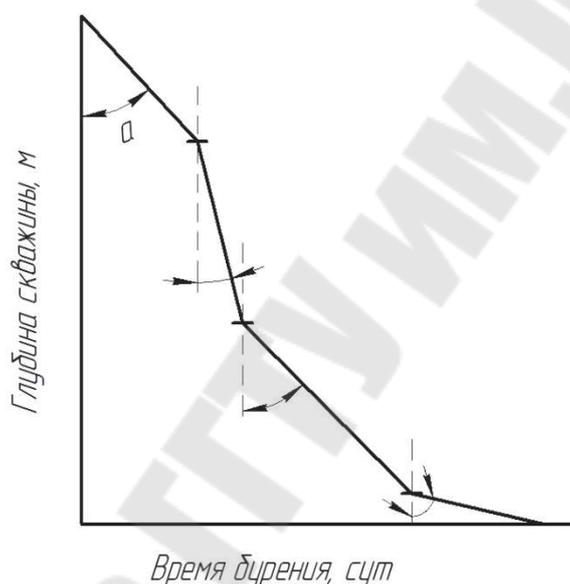


Рис. 1.1. График углубления скважины ( $V_{\text{мех}} = \text{ctg}\alpha$ )

В. С. Федоровым были сформулированы следующие принципы выделения пачек одинаковой буримости:

- 1) пачка должна быть непрерывной;
- 2) пачка должна быть пробурена долотами одного размера с промывкой одной и той же промывочной жидкостью;
- 3) пачка должна быть сложена горными породами, близкими по литологии;
- 4) основные показатели механических свойств горных пород по промысловым данным не должны изменяться с глубиной статически значимо.

Эти требования обуславливают следующий порядок разбивки на пачки одинаковой буримости. Вначале в соответствии с конструкцией

скважины на рассматриваемом месторождении выделяются интервалы бурения долотами различного диаметра, затем – интервалы бурения с промывкой одинаковыми растворами. Далее по литологическим признакам и по показателям механических свойств проводится проверка однородности выделенных интервалов. В связи с тем, что показатели буримости зависят от типа долота и режима работы, при проверке однородности горных пород интервала по промысловым данным следует принять основной тип долота и режим его работы.

## **2. Практическая часть**

Литологическое описание пород, категории пород по твердости и абразивности, типоразмеры долот и результаты бурения при использовании одного и того же бурового раствора (под каждую обсадную колонну) и при поддержании одинакового режима отработки долота одного диаметра дано в задании по вариантам (выдается преподавателем).

### **Порядок работы**

1. Составить таблицу по форме, приведенной ниже в качестве примера (табл. 1.1).
2. Внести в таблицу исходные данные и рассчитать механическую скорость бурения.
3. Выделить прерывистой линией интервалы, пробуренные одним диаметром долота.
4. Используя данные по проходке на долото и механической скорости (табл. 1.1), построить график изменения средней механической скорости бурения по глубине скважины (рис. 1.2). Для этого, начиная с нулевой отметки, последовательно откладывать отрезки, равные по длине соответствующей проходке на долото.
5. На графике выделить интервалы, пробуренные долотом одного диаметра.

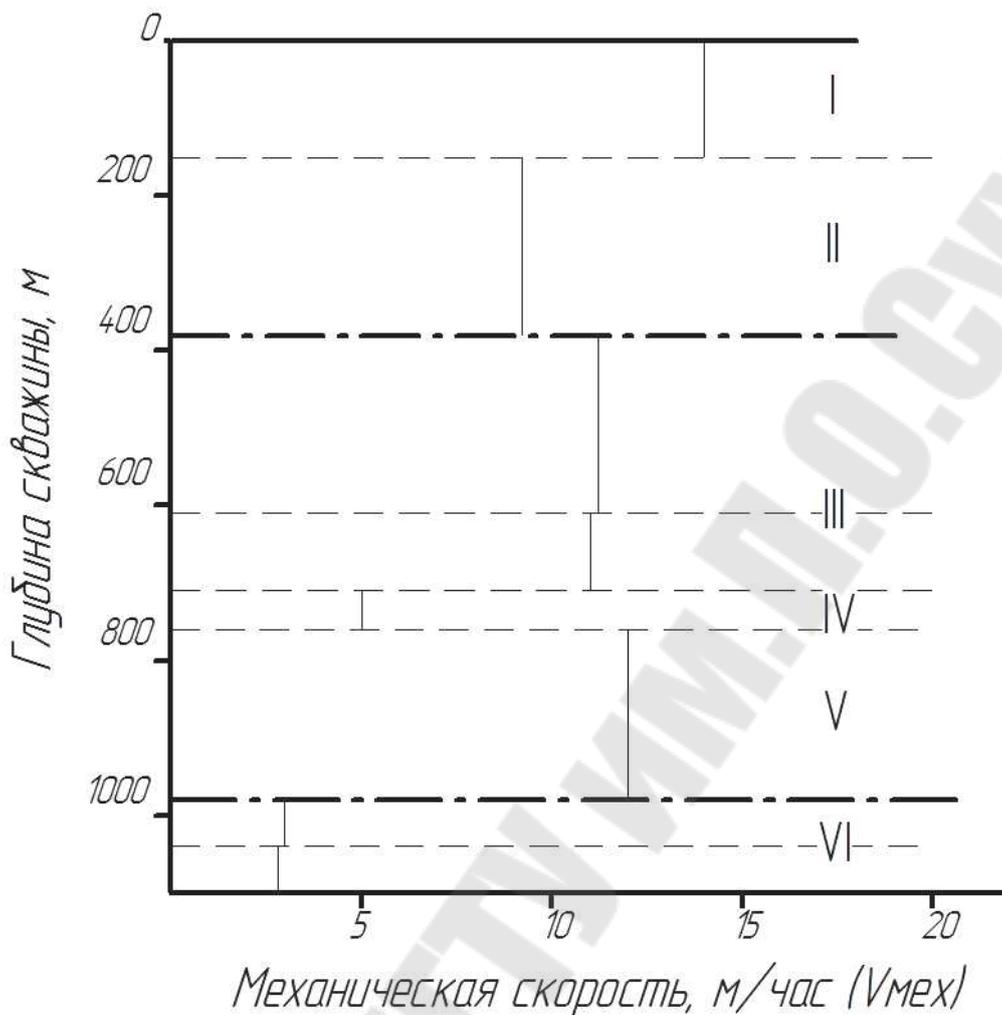


Рис. 1.2. График изменения средней механической скорости по глубине скважины

6. В каждом таком интервале выделить интервалы (рис. 1.2), в которых механическая скорость практически остается неизменной или ее колебания не превышают 10–15 %. Окончательный вывод по однородности интервала принимается после анализа литологического состава пород и их механических свойств. Если интервал сложен близкими по составу и свойствам горными породами, то решение принимается только по скорости бурения. Если же эти незначительные колебания механической скорости связаны с изменением в составе и свойствах горных пород, то интервал должен быть разделен с учетом литологических признаков.

*Примечание.* Пачка одинаковой буримости может включать и пропластки статически незначительные по толщине, в которых резко изменяются показатели работы долот.

7. Занести в таблицу номера интервалов одинаковой буримости.

## Результаты отработки долот

Глубина, м	Описание пород	Категории пород по		Типоразмер долот	Проходка на долото, м	Время бурения, ч	$V_{\text{мех}}$ , м/ч	Номер интервала одинаковой буримости
		твёрдости	абразивности					
153	глина	2	1–2	394М	153	12,0	12,7	I
390	глина	2	2	394М	237	26,5	8,9	II
603	глина	2	2	295МС	213	19,5	10,9	III
703	глина	2	2	295МС	105	10,1	10,5	III
763	аргиллит	3	4	295МС	55	10,0	5,5	IV
981	глина	2	2	295МС	218	18,8	11,6	V
1053	известняк	4	3–4	215СТ	72	24,1	3,0	VI
1150	известняк	4	3–4	215СТ	97	33,4	2,9	VI

## Контрольные вопросы

1. Что включает в себя понятие «буримость»?
2. С какой целью используется понятие «буримость» в строительстве скважины?
3. Какими методами можно разграничивать разрез на интервалы одинаковой буримости?
4. Объясните порядок разграничения разреза на интервалы одинаковой буримости на примере Вашего задания (выдается преподавателем индивидуально).

## *Лабораторная работа № 2*

### **Типы породоразрушающего инструмента для бурения нефтяных и газовых скважин**

**Цель:** выбор рациональных типов породоразрушающего инструмента.

#### **1. Теоретическая часть**

Породоразрушающий инструмент (ПРИ) предназначен для разрушения горной породы на забое при бурении скважины.

*По принципу разрушения породы* ПРИ подразделяется на 3 группы:

1) ПРИ режуще-скалывающего действия – применяется для разбуривания вязких, пластичных и малоабразивных пород небольшой твердости;

2) ПРИ дробяще-скалывающего действия – применяется для разбуривания неабразивных и абразивных пород средней твердости, твердых, крепких и очень крепких;

3) ПРИ истирающе-режущего действия – применяется для бурения в породах средней твердости, а также при чередовании высокопластичных маловязких пород с породами средней твердости и даже твердыми.

*По назначению* ПРИ подразделяется:

1) для бурения сплошным забоем (без отбора керна) – буровые долота;

2) для бурения по кольцевому забою (с отбором керна) – бурголовки;

3) для специальных работ в пробуренной скважине (выравнивание и расширение ствола) и в обсадной колонне (разбуривание цементного камня и т. д.).

*По конструктивному исполнению* ПРИ делится на 3 группы:

1) лопастной;

2) шарошечный;

3) секторный.

*По материалу породоразрушающих элементов* ПРИ делится на 4 группы:

1) со стальным вооружением;

2) с твердосплавным вооружением;

3) с алмазным вооружением;

4) с алмазно-твердосплавным вооружением.

## Шарошечные долота

Основной объем бурения (до 90%) современных глубоких скважин осуществляют шарошечными долотами (рис.2.1), так как они наиболее универсальны и могут использоваться в разнообразных геологических условиях.

Горные породы при использовании шарошечных долот эффективно разрушаются главным образом за счет динамического воздействия на забой скважины вооружения долота (т.е. непосредственно породоразрушающих элементов).

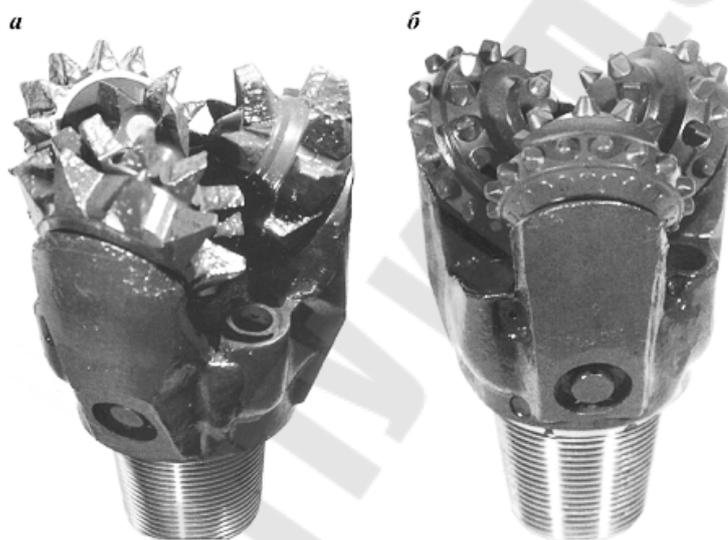


Рис.2.1. Общий вид трехшарошечных долот с боковой гидромониторной промывкой: а – с фрезерованным вооружением шарошек; б – с твердосплавным карбид-вольфрамовым (зубковым) вооружением шарошек

Таковыми породоразрушающими элементами у шарошечных долот являются одна, две или три много конусные шарошки, оснащенные соответствующим вооружением.

*Вооружение шарошечных долот* – представлено фрезерованными зубьями или твердосплавными штырями (зубками), равномерно распределенными по наружным поверхностям конусов многоконусных шарошек, установленных на цапфах лап долот и каждая из которых имеет возможность свободно вращаться на цапфе лапы долота в подшипниках опорах (качения, скольжения или совместно в одной конструкции опоры и то и другое), перекатываясь по забою скважины и внедряясь в него зубьями.

Геометрическое место размещения фрезерованных зубьев или

зубков на конусных поверхностях шарошки называется рядом или венцом – (внутренним или наружным). Шарошка, у которой зуб вооружения размещен на ее вершине и находится непосредственно вблизи от оси долота, считается первой, а нумерация остальных шарошек – осуществляется в направлении «по часовой стрелке» от первой шарошки.

Шарошечное долото представляет сложный механизм. В зависимости от размеров шарошечное долото изготавливают секционным или цельно-корпусным.

Несмотря на большое разнообразие (до 25 типоразмеров шарошечных долот - диаметром от 46 до 490 мм) конструктивно шарошечные долота выполнены однотипно.

*Основными элементами всех шарошечных долот являются:*

1) корпус долота (литой – у корпусных долот и сваренный из двух-трех отдельных секций «лап» – у секционных);

2) присоединительная замковая коническая резьба в верхней части корпуса (муфтовая – у корпусных долот и ниппельная – у секционных) для присоединения к колонне бурильных труб или к валу погружного забойного двигателя;

3) лапа долота (фрезерованная или чаще – штампованная) заготовка, имеющая в своей нижней части выступ, называемый цапфой, для последующей (после механической обработки на токарном станке) установки на ней шарошки с комплектом опоры; верхние части лапы (после соответствующей фрезерной обработки) или привариваются по отдельности к литому корпусу – у корпусных долот или собираются в специальном приспособлении-кондукторе вместе и свариваются между собой, образуя корпус секционного долота;

4) промывочные устройства (открытые каналы – отверстия или узлы, оснащенные гидромониторными насадками), сформированные в корпусе и в боковых приливах лап долота – для направления потока (струй) промывочного агента на забой скважины;

5) опора долота (открытая или герметизированная, маслonaполненная), т.е. комплект подшипников качения и скольжения, размещенных на цапфе каждой лапы долота;

6) шарошка – многоконусный элемент конструкции долота, установленный на цапфе каждой лапы долота и свободно вращающийся вокруг оси цапфы на своих опорах (всего в долоте – в зависимости от количества лап – одна, две, три и т.д. шарошек);

В соответствии с ГОСТ 20692–75 шарошечные долота изготавливаются следующих типов (табл. 2.1)

Таблица 2.1

**Типы долот**

ТИП	Геологические условия проходки	Исполнение шарошки
М	Бурение мягких пород	С фрезерованными зубьями*
МЗ	Бурение мягких абразивных* пород	Со вставными твердосплавными зубками**
МС	Бурение мягких пород с пропластками пород средней твердости	С фрезерованными зубьями
МСЗ	Бурение мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости	С фрезерованными зубьями и твердо-сплавными зубками
С	Бурение пород средней твердости	С фрезерованными зубьями
СЗ	Бурение абразивных пород средней твердости	Со вставными твердосплавными зубками
СТ	Бурение пород средней твердости с пропластками твердых пород	С фрезерованными зубьями
Т	Бурение твердых пород	С фрезерованными зубьями
ТЗ	Бурение абразивных твердых пород	Со вставными твердосплавными зубками
ТК	Бурение твердых пород с пропластками крепких	С фрезерованными зубьями и твердо-сплавными зубками
ТКЗ	Бурение твердых абразивных пород с пропластками крепких	Со вставными твердосплавными зубками
К	Бурение крепких пород	Со вставными твердосплавными зубками

\* Фрезерованные зубья – выполнены за одно целое с телом шарошки.

\*\* Вставные твердосплавные зубки – обычно карбит-вольфрамовые вставки.

Под *твердостью* горной породы понимается ее способность оказывать сопротивление прониканию в нее (внедрению) инородного тела. Классификационная шкала твердости горных пород включает в себя 12 категорий твердости (табл. 2.2).

Таблица 2.2

## Классификация горных пород (по Л. А. Шрейнеру)

Группа (породы)	Категория	$\rho_{ш}$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа
I (мягкие)	1	< 100	< 40
	2	100–250	40–110
	3	250–500	110–250
	4	500–1000	250–550
II (средней твердости)	5	1000–1500	550–850
	6	1500–2000	850–1200
	7	2000–3000	1200–1900
	8	3000–4000	1900–2500
III (твердые)	9	4000–5000	2500–3500
	10	5000–6000	3500–4200
	11	6000–7000	4200–5100
	12	> 7000	> 5100

Под *абразивностью* горной породы понимается ее способность изнашивать контактирующий с ней породоразрушающий инструмент в процессе их взаимодействия. Классификационная шкала абразивности горных пород включает в себя 12 категорий абразивности (табл. 2.3).

Таблица 2.3

## Классификация горных пород

Группа по абразивности	Относительная абразивность	Категория	Принятое обозначение
Слабоабразивные	1,0–1,5	1	$A_{сл}$
	1,5–3,0	2	
Малоабразивные	3,0–5,0	3	$A_M$
	5,0–8,0	4	

Группа по абразивности	Относительная абразивность	Категория	Принятое обозначение
Среднеабразивные	8,0–11,0	5	А <sub>ср</sub>
	11,0–15,0	6	
Высокоабразивные	15,0–17,0	7	А <sub>в</sub>
	17,0–20,0	8	
Очень высокоабразивные	20,0–22,0	9	А <sub>оч</sub>
	22,0–24,0	10	
	24,0–26,0	11	
	> 26,0	12	

2. По конструкции шарошечные долота делятся на:

– по количеству шарошек:

- 1) одношарошечные;
- 2) двухшарошечные;
- 3) трехшарошечные;

– по расположению и конструкции промывочных или продувочных отверстий:

- Ц – долото с центральной промывкой;
- Г – долото с боковой промывкой;
- П – долото с центральной продувкой;
- ПГ – долото с боковой продувкой;

– по конструкции опор шарошек:

- В – на подшипниках качения;
- Н – на одном подшипнике скольжения (остальные подшипники качения);
- У – герметизация опоры с маслonaполнением;
- А – на двух или более подшипниках скольжения. Литерами А маркируются долота для низкооборотного бурения (до 150 об/мин);
- Н – для среднеоборотного бурения (от 150 до 400 об/мин);
- В – для высокооборотного бурения (более 400 об/мин).

### Лопастные долота

При бурении нефтяных и газовых скважин иногда применяют трехлопастные (ЗЛ и ЗИР) и шестилопастные (БИР) долота (рис. 2.2). Лопастное долото ЗЛ состоит из корпуса, верхняя часть которого

имеет ниппель с замковой резьбой для присоединения к бурильной колонне, и трех приваренных к корпусу долота лопастей, расположенных по отношению друг к другу под углом  $120^\circ$ . Для подвода бурового раствора к забою долото снабжено промывочными отверстиями, расположенными между лопастями.

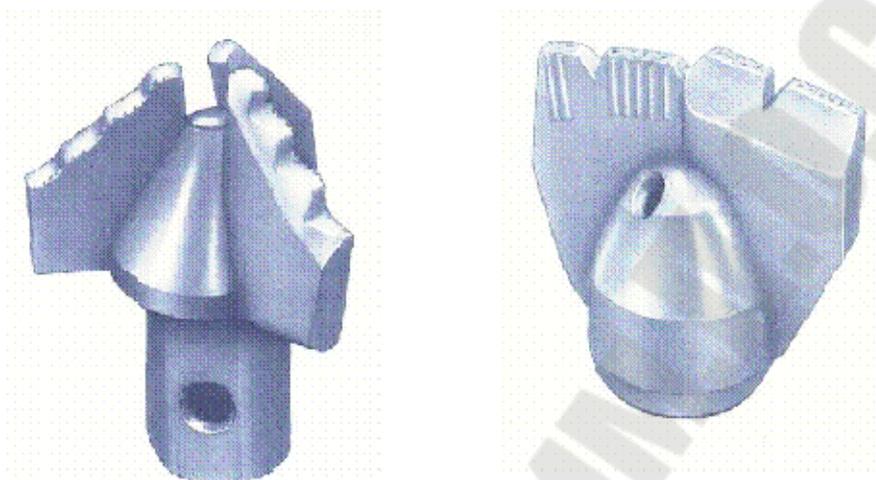


Рис. 2.2. Лопастные долота

Лопастные долота выполнены заостренными и слегка наклонными к оси долота в направлении его вращения. В этой связи по принципу разрушения породы долота 3Л относят к долотам режуще-скалывающего действия, так как под влиянием нагрузки лопасти врезаются в породу, а под влиянием вращающего момента скалывают ее.

Долота 3Л предназначены для бурения в неабразивных мягких пластичных породах (тип М) и для бурения в неабразивных мягких породах с пропластками неабразивных пород средней твердости (тип МС). Для увеличения износостойкости долот их лопасти укрепляют (армируют) твердым сплавом.

Долота 3ИР в сравнении с 3Л имеют следующие отличительные особенности. Три лопасти выполнены притупленными, а не заостренными и приварены к корпусу так, что они сходятся на оси долота, а не наклонены к ней. Такая особенность вооружения позволяет долоту 3ИР разрушать породу резанием и истиранием (микрорезанием) абразивных мягких пород с пропластками пород средней твердости (тип МСЗ).

Долота 6ИР имеют три основные лопасти, предназначенные для разрушения породы на забое, и три дополнительные укороченные лопасти, калибрующие стенку скважины.

Лопастные долота имеют ряд существенных недостатков:

- 1) интенсивный износ лопастей в связи с непрерывным контактом режущих и калибрующих ствол скважины кромок лопастей долота с забоем и стенками скважины;
- 2) сужение ствола скважины в процессе бурения из-за относительно быстрой потери диаметра долота;
- 3) относительно высокий крутящий момент на вращение долота;
- 4) неудовлетворительная центрируемость на забое, приводящая к интенсивному произвольному искривлению.

Отмеченные недостатки объясняют причины редкого применения лопастных долот в практике бурения нефтяных и газовых скважин даже при разбуривании мягких пород.

### **Алмазные долота (секторные)**

Алмазные долота предназначены для разрушения истиранием (микрорезанием) неабразивных пород средней твердости и твердых.

Применение алмазных долот обеспечивает высокие скорости бурения, снижение кривизны скважины. Отсутствие опор качения и высокая износостойкость алмазов повышают срок их службы до 200-300 часов непрерывного бурения. Благодаря этому значительно сокращается количество спуско-подъемных операций. Одним алмазным долотом можно пробурить столько же – сколько 15-20 шарошечными долотами.

Породоразрушающим элементом у алмазных долот является полусферическая матричная головка (матрица), сформированная из твердосплавного карбид-вольфрамового порошка, с выемками для циркуляции промывочного агента (для выноса осколков породы с забоя скважины), оснащенная искусственными или натуральными алмазными кристаллами, выступающими на рабочую поверхность матрицы долота (при поверхностном размещении алмазов) или размещенных в теле матрицы, в ее подповерхностном слое (у импрегнированных алмазных долот) долота.

Алмазные долота, применяемые для бурения скважин сплошным забоем (рис.2.3 – 2.4), представляют собой цельный стальной корпус 2 с присоединительной конической резьбой, к которому прикрепляется фасонная алмазонасушающая головка-матрица 1.

По характеру закрепления и размещения алмазов в матрице различают долота одно-, многослойные и импрегнированные (с

объемным размещением мелких алмазов в теле матрицы).

По форме торца алмазные долота разделяются на плоские, выпуклые, вогнутые, выпукло-вогнутые, выпукло-конусные, двоякоконусные, ступенчато-конусные, комбинированные.

Периферийная часть алмазного долота представляет собой сферическую поверхность, переходящую по мере удаления от торца в цилиндрическую. Цилиндрическая часть производит калибровку стенок скважины. Во избежание заклинивания алмазного долота при его спуске в скважину диаметр алмазных долот выполняют на 1,5–2,5 мм меньше номинального диаметра шарошечных долот.

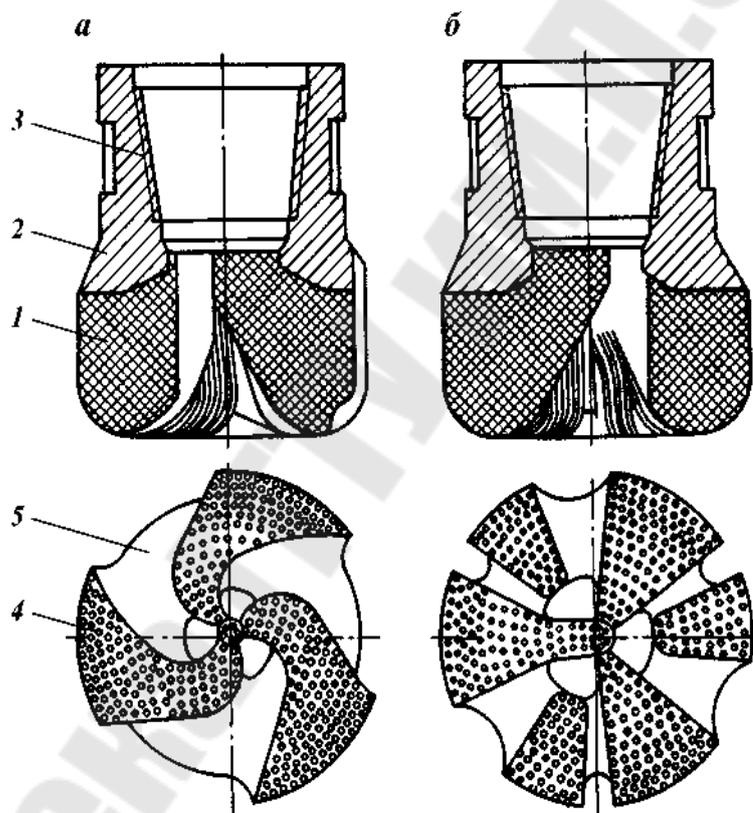


Рис.2.3. Конструкция алмазного долота для бурения сплошным забоем:  
а – со спиральными секторами торцевой части матрицы долота;  
б – с прямыми секторами торцевой части матрицы долота;  
1 – твердосплавная алмазнесущая матрица; 2 – стальной корпус долота;  
3 – замковая резьба; 4 – контактный сектор;  
5 – выемка для циркуляции промывочного агента

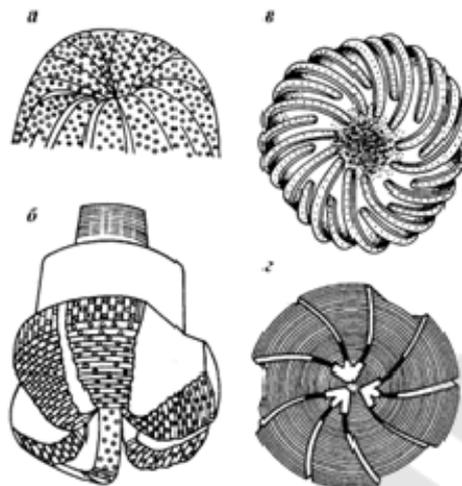


Рис. 2.4.. Основные разновидности алмазных долот: а – однослойное, радиальное, биконическое; б – ступенчатое; в – спиральное; г – импрегнированное.

### Инструмент для отбора керна

Для отбора керна используется специальный породоразрушающий инструмент – бурильные головки и керноприемные устройства.

Бурголовка (рис. 2.5), разрушая породу по периферии забоя, оставляет в центре скважины колонку породы (кern), поступающую при углублении скважины в керноприемное устройство, состоящее из корпуса и керноприемной трубы (керноприемника).

Корпус керноприемного устройства служит для соединения бурильной головки с бурильной колонной, размещения керноприемника и защиты его от механических повреждений, а также для пропуска бурового раствора к промывочным каналам бурголовки.

Керноприемник предназначен для приема керна, сохранения его во время бурения от механических повреждений и гидроэрозионного воздействия бурового раствора и сохранения при подъеме на поверхность. Для выполнения этих функций в нижней части керноприемника устанавливают кернорватели и кернодержатели, а вверху – клапан, пропускающий через себя вытесняемый из керноприемника буровой раствор при заполнении его керном. По способу установки керноприемник предусматривает изготовление керноприемных устройств, как с несъемными, так и со съемными керноприемниками.

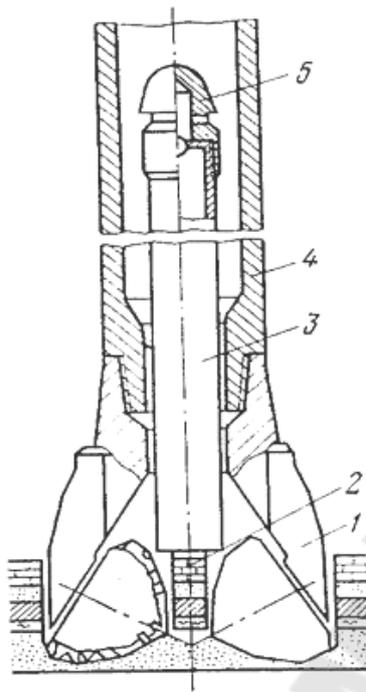


Рис. 2.5. Схема устройства бурголовки с керноприемником

При бурении с несъемными керноприемниками для подъема на поверхность заполненного керном керноприемника необходимо поднимать всю бурильную колонну.

При бурении со съёмным керноприемником бурильная колонна не поднимается. Внутри колонны на канате спускается специальный ловитель, с помощью которого из керноприемного устройства извлекают керноприемник и поднимают его на поверхность. При помощи этого же ловителя порожний керноприемник спускают и устанавливают в корпусе.

В настоящее время разработан целый ряд керноприемных устройств с несъемными керноприемниками: «Недра», «Кембрий», «Силур», предназначенных для различных условий отбора керна и имеющих аналогичную конструкцию.

Для керноприемных устройств изготавливают шарошечные, алмазные, лопастные бурголовки, предназначенные для бурения в породах различной твердости и абразивности.

## 2. Практическая часть

Выбор рациональных типов долот осуществляется по Обобщенной классификационной таблице соответствия типов

шарошечных долот свойствам горных пород (ОКТ) или по Классификационной таблице парных соответствий категорий твердости и абразивности пород типам шарошечных долот (КТС) (рис. 2.6).

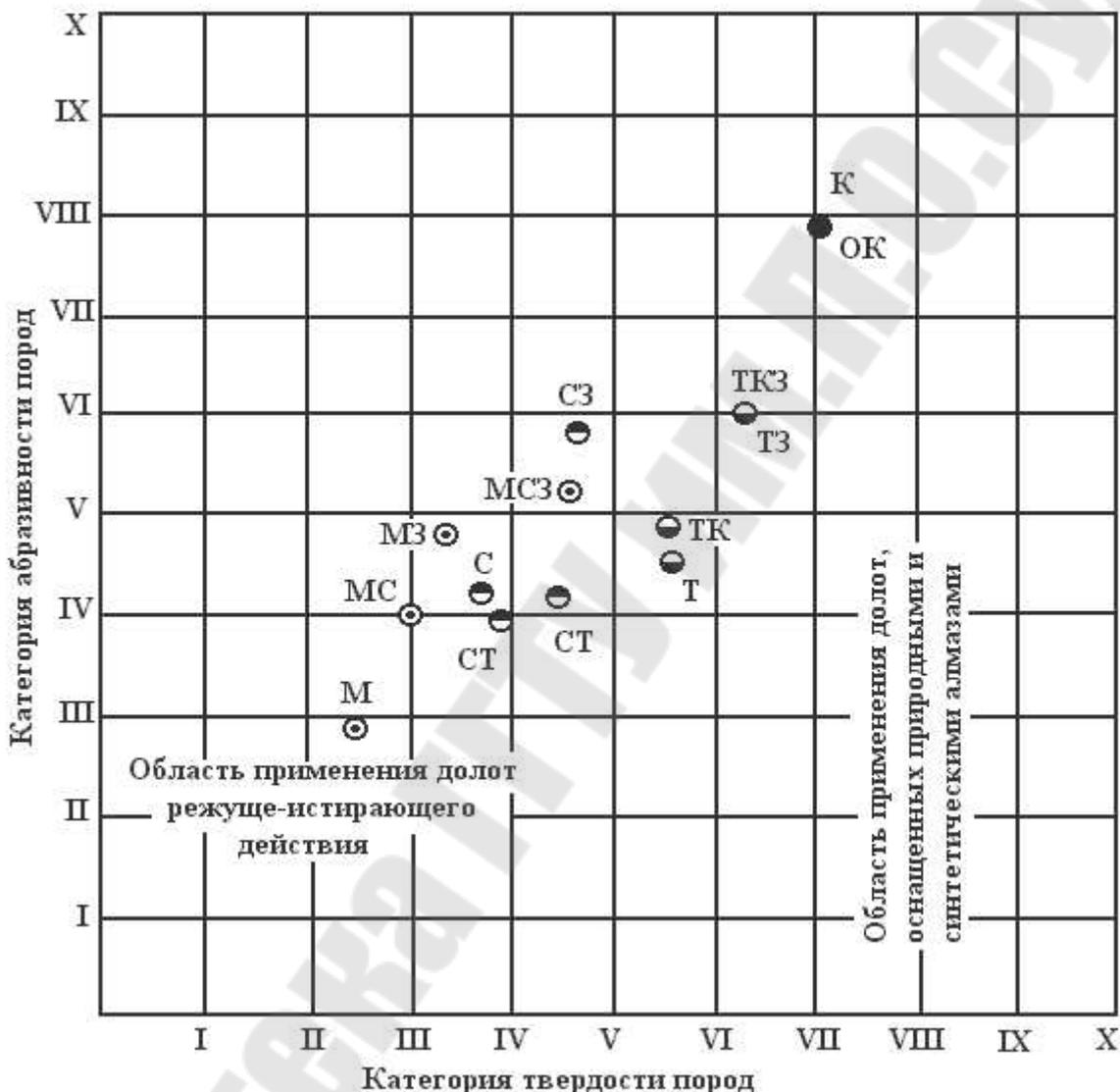


Рис. 2.6. Классификационная таблица парных соответствий

### Задача

В соответствии с геологическими данными и данными по категориям твердости и абразивности, а также с учетом зон осложнений и водонефтегазопроявлений (табл. 2.1) разделим весь геологический разрез на пачки пород, сходные приблизительно по твердости и абразивности, а затем подберем необходимые для бурения в каждой из этих пачек пород долота.

Таблица 2.1

Но- мер слоя	Система, отдел, свита	Описание пород и их характеристика	Лито- логи- чес- кий разрез	Кате- гория по твер- дости Т	Кате- гория по абрази- вности А	Интервал, м		Все- го, м
						От	До	
1	Московско- подольский горизонт	Известняки с прослоями глин		5	1	0	280	
2	Каширский горизонт	Глины с прослоями песка		2	2	280	580	
3	Вертинский горизонт	Пески с прослоями глин		1	3	580	830	
4	Верхнебаш- кирский подъярус	Пески с прослоями глин и гравием		1	3	830	1120	
5	Нижне- башкирский подъярус	Известняки плотные, в нижней части трещиноватые		6	2	1120	1270	
6	Охотско- Серпуховский подъярус	Известняки плотные, в верхней части рыхлые		6	2	1270	1550	
7	Тульский ярус	Глины с прослоями песка		2	2	1550	2150	
8	Бобринский горизонт	Глины с прослоями песка и гравием		2	2	2150	2730	
9	Тульский ярус	Известняки плотные		6	2	2730	3030	
10	Нижне- раменский подъярус	Доломины окремелые с прослоями известняка		7	2	3030	3280	
11	Нижне- бовинская свита	Песчаники с прослоями глин		7–8	3	3280	3460	

Также заполним в табл. 2.1 колонки «литологический разрез» и «всего».

В нашем случае геологический разрез разделим на пять пачек пород:

Номер пачки: I \_\_\_\_\_ II \_\_\_\_\_ III \_\_\_\_\_ IV \_\_\_\_\_ V \_\_\_\_\_

Интервал, м : \_\_\_\_\_

### *Решение*

Подставляя данные из таблицы и используя формулу

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^n T_i m_i / M, \quad (2.1)$$

где  $T_i$  – категория твердости пород  $i$ -й разновидности;  $m_i$  – мощность  $i$ -го прослоя горной породы, м;  $M$  – мощность выделенной пачки, м.

Средневзвешенная категория абразивности определяется по формуле

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^n A_i m_i / M, \quad (2.2)$$

где  $A_i$  – категория разновидности пород  $i$ -й разновидности.

Результаты расчетов сведем в табл. 2.2.

*Таблица 2.2*

Номер пачки	Интервал, м		Средневзвешенная категория	
	От	До	твердости Т	абразивности А
I				
II				
III				
IV				
V				

Исходя из рассчитанных  $T$  и  $A$  и используя классификационную таблицу парных соответствий категорий твердости и абразивности пород типам шарошечных долот (рис. 2.6) и данные табл. 2.2, произведем подбор долот для каждой пачки.

## Контрольные вопросы

1. Что называется долотом?
2. Как классифицируют породоразрушающий инструмент?
3. По каким признакам классифицируются шарошечные долота?
4. Классификация шарошечных долот по взаимодействию с горной породой.
5. Классификация шарошечных долот по твердости и абразивности.
6. Чем определяются типы долот?
7. Классификация долот по вооружению.
8. Конструкция шарошечных долот.

## Лабораторная работа № 3

### Бурение наклонно-направленных скважин

**Цель:** расчет профилей наклонно-направленных скважин.

#### 1. Теоретическая часть

Наклонно-направленной скважиной называется скважина, специально направленная в какую-либо точку, удаленную от вертикальной проекции ее устья. Наклонно-направленное бурение в основном применяют:

- 1) при бурении под участки, занятые жильем и промышленными зданиями и сооружениями;
- 2) при бурении под заболоченные места, озера, реки и крутые овраги;
- 3) при бурении с берега под дно моря;
- 4) при бурении на месторождении с крутым падением пластов.

Кроме того, наклонно-направленные скважины бурят для максимального вскрытия продуктивного пласта и с целью борьбы с сильными выбросами и пожарами.

Направленное бурение приходится применять и в том случае, когда в скважине остался инструмент, извлечь который не представляется возможным. При этом проектируется уход в сторону от старого ствола, забуривание нового (второго) ствола.

Существуют два способа бурения наклонных скважин:

а) роторный, представляющий собой прерывистый процесс искривления ствола скважины последовательными зарезками (уходами в сторону);

б) турбинный, обеспечивающий непрерывный процесс искривления ствола скважины.

Наклонная скважина характеризуется длиной ствола  $L$ , глубиной по вертикали  $H$ , отклонением забоя от вертикали  $A$ , направлением (азимутом) отклонения забоя  $\varphi$  и конфигурацией оси.

Пространственное положение скважины определяется тремя текущими параметрами: глубиной  $L$ , зенитным углом  $\alpha$ , азимутальным углом  $\varphi$ .

Глубина скважины  $L$  - расстояние от устья  $O$  до забоя или любой точки измерения углов. Измеряется по бурильной колонне с учетом ее длины в скважине и при инклинометрических замерах кривизны.

Ось скважины – пространственная кривая, состоящая из сопряженных между собой отрезков прямых и кривых линий. Каждая точка оси скважины определяется ее текущими координатами относительно устья, зенитным и азимутальным углами и кривизной.

Глубина скважины по вертикали - расстояние  $OA$  от устья до горизонтальной плоскости, проходящей через забой скважины, либо  $i$  – ой точки ствола.

Зенитный угол  $\alpha$  – угол между касательной к оси ствола в рассматриваемой точке и вертикально, проходящей через данную точку.

Угол наклона  $\delta$  – угол между осью скважины или касательной к ней в рассматриваемой точке и горизонтальной проекцией оси на плоскость, проходящую через данную точку.

Азимутальный угол  $\varphi$  – угол между апсидальной и меридиональной плоскостями. Апсидальной называется вертикальная плоскость, проходящая через касательную к оси ствола скважины.

Азимутальный угол исчисляется в горизонтальной плоскости от принятого начала отсчета до направления горизонтальной проекции к оси ствола скважины по ходу часовой стрелки.

В зависимости от принятого начала отсчета азимутальный угол может быть истинным (географический меридиан), магнитным (магнитный меридиан) или условным (реперным).

Профиль скважины – проекция оси скважины на вертикальную плоскость, проходящую через ее устье и забой.

План скважины – проекция оси ствола скважины на горизонтальную плоскость, проходящую через ее устье.

Отклонение забоя от вертикали – расстояние от забоя скважины до вертикали, проходящей через устье скважины.

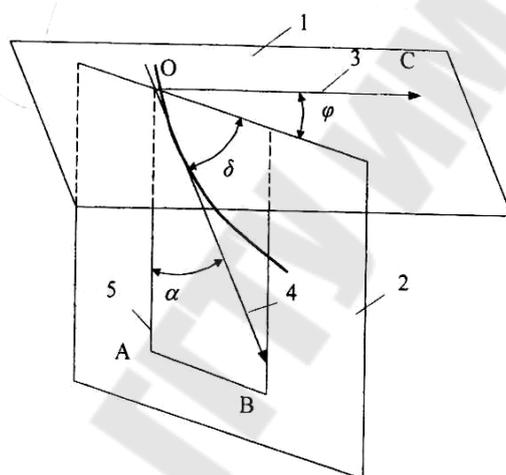


Рис. 3.1. Параметры, определяющие положение оси скважины в пространстве: 1 - горизонтальная плоскость; 2 - апсидальная плоскость; 3 - магнитный меридиан; 4 - касательная к точке ствола; 5 - вертикаль через точку замера углов.

Зенитное искривление ствола скважины – изменение зенитного угла между двумя точками замера (рис. 3.1).

Азимутальное искривление – изменение азимута скважины между двумя точками замера.

Интенсивность искривления  $i$  – степень одновременного изменения зенитного угла и азимута за интервал. Величина, характеризующая степень искривления ствола и равная отношению приращения угла искривления к расстоянию между точками замеров.

### **Типы плоских профилей наклонно направленных скважин.**

Применяемые для бурения наклонно-направленных скважин типы профилей делятся на две группы. К первой относятся профили *обычного типа*, представляющие кривую линию, расположенную в одной вертикальной плоскости, то есть плоские профили; ко второй – профили пространственного типа, представляющие пространственную кривую линию.

Основные типы плоских профилей приведены на рис. 3.1-3.3.

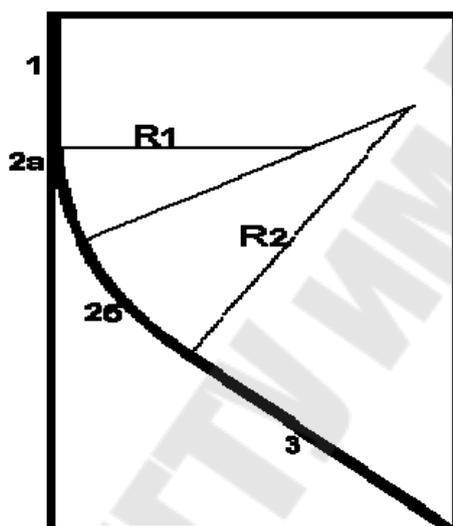


Рис. 3.2. Трехинтервальный профиль

Профиль первого типа – трехинтервальный (рис. 3.2) – состоит из трех участков: вертикального – **1**, участка набора зенитного угла – **2** и прямолинейно-наклонного участка (стабилизации зенитного угла) – **3**, продолжающегося до проектного забоя в продуктивном пласте. Характерной особенностью является включение участка набора угла неориентируемыми компоновками в участок **2**, т. е. участок набора зенитного угла состоит из двух: на первом (**2а**) производится набор зенитного угла с отклонителем (ориентированно), на втором (**2б**) – набор угла неориентируемыми компоновками. Включение этого участка позволяет сократить время на дорогостоящее бурение с отклонителем. Применение этого профиля позволяет ограничить до минимума количество рейсов с ориентируемыми отклоняющими КНБК, получить наибольшее отклонение забоя от вертикали при

наименьшем зенитном угле и затратить наименьшее время на строительство скважины.

Профиль второго типа (рис.3.3) – четырехинтервальный – состоит из четырех участков: вертикального – 1, набора зенитного угла – 2, стабилизации – 3 и уменьшения угла – 4.

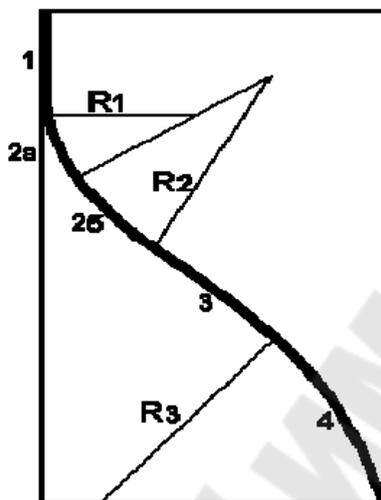


Рис. 3.3. Четырехинтервальный профиль

Этот профиль применяется при бурении наклонно-направленных скважин для месторождений, на которых происходит естественное искривление скважин.

Профиль третьего типа – пятиинтервальный (рис. 3.4).

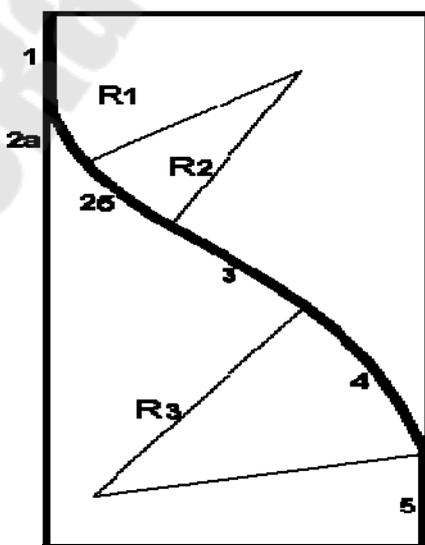


Рис. 3.4. Пятиинтервальный профиль

Он состоит из пяти участков: верхнего вертикального – 1, набора зенитного угла – 2, прямолинейно наклонного – 3, снижения зенитного угла – 4 и нижнего вертикального – 5, позволяющего при пересечении стволом нескольких продуктивных горизонтов эксплуатировать любой из них с сохранением общей сетки разработки.

Этот сложный профиль, как правило, используется для скважин большой глубины (более 3000 м).

### ***Выбор конфигурации профиля наклонно-направленной скважины.***

Местоположение отдельных участков профиля и их протяженность во многом зависит от горно-геологических условий и условий эксплуатации скважины. Участок набора зенитного угла следует располагать в том интервале геологического разреза, где при бурении с отклонителем обеспечивается наибольший набор зенитного угла за один рейс (породы средней твердости).

Прямолинейно-наклонный участок (участок стабилизации зенитного угла) является продолжением от участка набора зенитного угла до проектного горизонта, либо связующим звеном между участками набора и снижения зенитного угла.

Участок уменьшения зенитного угла является, как правило, конечным, при этом ствол скважины вскрывает продуктивный горизонт под небольшим углом, либо обеспечивается выход на последний, приближенный к вертикали, участок.

### ***Расчет профилей обычного типа.***

Расчет профилей обычного типа сводится к определению максимального зенитного угла скважины, горизонтальной и вертикальной проекций и длины каждого из участков, входящих в состав данного профиля, а также общей длины ствола скважины и общего отхода от вертикали.

Исходными данными для расчета профиля являются:

$H$  – проектная глубина скважин;

$h$  – глубина зарезки наклонного участка;

$A$  – проектное смещение забоя от вертикали;  
 $i_1, R_1$  – интенсивность и радиус на участке набора зенитного угла с отклонителем;  
 $i_2, R_2$  – интенсивность и радиус на участке не ориентируемого набора;  
 $i_3, R_3$  – интенсивность и радиус на участке уменьшения зенитного угла;  
 $\alpha_0$  – угол набора кривизны с отклонителем;  
 $h_B$  – глубина второго вертикального участка;  
 $\alpha_k$  – угол в конце участка уменьшения зенитного угла.  
 $R_{\text{доп}}$  – радиус круга допустимого отклонения от проектной точки в горизонтальной плоскости.

Профиль рассчитывают по участкам сверху вниз (рис. 3.5).

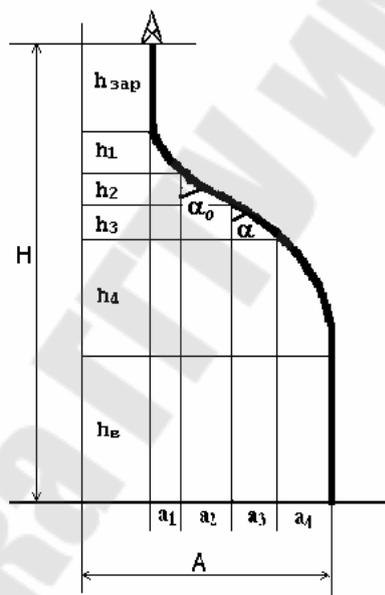


Рис. 3.5. Профиль скважины

Расчет профиля заключается в определении проекций участков на вертикальную и горизонтальную оси и длины участка по стволу:  
 $a_1, h_1, l_1$  – горизонтальное смещение, вертикальная проекция и длина по стволу на участке набора угла с отклонителем;  
 $a_2, h_2, l_2$  – горизонтальное смещение, вертикальная проекция и длина по стволу на участке неориентируемого набора угла;  
 $a_3, h_3, l_3$  – горизонтальное смещение, вертикальная проекция и длина по стволу на участке стабилизации зенитного угла;

$a_4, h_4, l_4$  – горизонтальное смещение, вертикальная проекция и длина по стволу на участке уменьшения угла.

Основным расчетным параметром профиля скважины является угол  $\alpha$  в конце участка зарезки наклонного ствола или в конце участка неориентируемого набора угла, если он включен в профиль скважины. Таким образом,  $\alpha$  – максимальный зенитный угол ствола скважины. Величина этого угла в основном определяет смещение конечного забоя от вертикали.

При проектировании скважины должно выполняться условие:

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = \sum a_i \pm R_{дон} \quad (3.1)$$

Угол  $\alpha$  находится подбором, то есть, изменяя значения угла  $\alpha$ , добиваются выполнения условия (3.1).

Основные расчетные формулы для определения проекций участков приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

#### Основные расчетные формулы

Название расчётной величины, единицы измерения.	Формула
Длина ствола искривлённого участка, м	$l = (\alpha_{кон} - \alpha_{нач})/i$
Горизонтальная проекция искривлённого участка, м	$a = R(\cos \alpha_{нач} - \cos \alpha_{кон})$
Вертикальная проекция искривлённого участка, м	$h = R(\sin \alpha_{кон} - \sin \alpha_{нач})$
Длина прямолинейно-наклонного участка, м	$l = h/\cos \alpha$
Связь вертикальной и горизонтальной проекций прямолинейно-наклонного участка, м	$a = h \times tg \alpha$
Угол в конце участка набора кривизны, град	$\alpha_{кон} = \arcsin(\sin \alpha_{нач} - h/R)$

В таблице  $\alpha_{нач}$  и  $\alpha_{кон}$  – углы в начале и конце участка соответственно.

Расчет трехинтервального профиля с прямолинейно наклонным участком – профиль первого типа (рис. 3.1).

Исходными данными для расчета профиля являются: проектная глубина –  $H$ ; глубина зарезки наклонного участка –  $h$ ; проектное горизонтальное смещение забоя от вертикали –  $A$ ; зенитный угол в конце участка набора угла с отклонителем –  $\alpha_0$ ; интенсивность

искривления (радиус искривления) ствола на участке набора ориентируемого и неориентируемого соответственно –  $i_1 (R_1)$ ,  $i_2 (R_2)$ .

Расчет производят по формулам, приведенным в табл. 3.1.

1. Определяют проекции на первом вертикальном участке. Так как участок вертикальный, его горизонтальное смещение и зенитный угол равны 0, а вертикальная проекция и глубина по стволу равны глубине зарезки  $h$ .

2. Определяют проекции на участке 2а – участке набора угла с отклонителем.

Вертикальная проекция  $h_1$  определяется по формуле:

$$h_1 = R_1 \times \sin \alpha_0 \quad (3.2)$$

Горизонтальная проекция  $a_1$  определяется по формуле:

$$a_1 = R_1 (1 - \cos \alpha_0) \quad (3.3)$$

Длина интервала по стволу  $l_1$  определяется по формуле:

$$l_1 = a_0 / i_1 \quad (3.4)$$

3. Определяют проекции на участке 2б – участке набора угла с неориентируемой компоновкой:

$$\begin{aligned} h_2 &= R_2 (\sin \alpha - \sin \alpha_0) \\ a_2 &= R_2 (\cos \alpha_0 - \cos \alpha) \\ l_2 &= (\alpha - \alpha_0) / i_2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

4. Определяют проекции на прямолинейно-наклонном участке 3 – участке стабилизации.

Вертикальная проекция определяется как разность между проектной глубиной скважины и суммой проекций на участках набора угла и глубиной зарезки.

$$h_3 = H - h - h_1 - h_2 \quad (3.6)$$

Затем определяется горизонтальная проекция прямолинейного участка и длина по стволу:

$$\begin{aligned} a_3 &= h_3 \times \operatorname{tg} \alpha \\ l_3 &= h_3 / \cos \alpha \end{aligned} \quad (3.7)$$

5. Результаты расчетов представляют в виде табл. 3.2.

6. Проверяют условие  $A = a_1 + a_2 + a_3$ . Если оно не выполняется, изменяют угол  $\alpha$  и пересчитывают проекции участков 2б и 3, процедуру выполняют до тех пор, пока не будет выполнено условие  $\sum a_i = A \pm 10$ .

### **Расчет четырехинтервального профиля**

Исходными данными для расчета являются (рис. 3.2)  $H, h, A, \alpha_0, i_1 (R_1), i_2 (R_2), i_3 (R_3), \alpha_k$ .

1. Определяют проекции вертикального участка.
2. Определяют проекции участка 2а – набора зенитного угла с отклонителем по формулам:

$$h_1 = R_1 \times \sin \alpha_0$$

$$a_1 = R_1 (1 - \cos \alpha_0)$$

$$l_1 = \alpha_0 / i_1$$

3. Определяют проекции участка 2б – набора зенитного угла неориентируемой компоновкой:

$$h_2 = R_2 (\sin \alpha - \sin \alpha_0)$$

$$a_2 = R_2 (\cos \alpha_0 - \cos \alpha)$$

$$l_2 = (\alpha - \alpha_0) / i_2$$

4. Определяют проекции участка 4 – уменьшения зенитного угла:

$$h_4 = R_3 (\sin \alpha - \sin \alpha_k)$$

$$a_4 = R_3 (\cos \alpha_k - \cos \alpha)$$

$$l_4 = (\alpha - \alpha_k) / i_3$$

5. Определяют проекции участка 3 – прямолинейно-наклонного участка.

Вертикальная проекция определяется как разность между проектной глубиной скважины и суммой проекций на участках ориентированного и неориентированного набора угла, уменьшения угла и глубиной зарезки:

$$h_3 = H - h - h_1 - h_2 - h_4$$

Затем определяем горизонтальную проекцию и длину по стволу:

$$a_3 = h_3 \times \operatorname{tg} \alpha$$

$$l_3 = h_3 / \cos \alpha$$

6. Проверяют выполнение условия  $A = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$ , если оно не выполняется, изменяют угол  $\alpha$  и пересчитывают проекции участков 2б, 4 и 3. Процедуру выполняют до тех пор, пока не будет выполнено условие:

$$\sum a_i = A \pm 10$$

7. Результаты расчетов представляют в виде таблицы.

### Расчет пятиинтервального профиля:

Исходными данными для расчета являются:  $H, h, A, \alpha_0, i_1 (R_1), i_2 (R_2), i_3 (R_3), \alpha_k, h_B$  (рис.3.3). Порядок расчета полностью совпадает с расчетом четырехинтервального профиля со следующим дополнением. Вертикальная проекция прямолинейно-наклонного участка определяется как разность между проектной глубиной скважины и проекциями на участках ориентированного и неориентированного набора угла, уменьшения угла, глубиной зарезки и глубиной второго вертикального участка:

$$h_3 = H - h - h_1 - h_2 - h_4 - h_B$$

Таблица 3.2

### Результаты расчета трехинтервального профиля

Участок	Интервал по вертикали, м		Общая длина интервала по вертикали, м	Зенитный угол, град.		Горизонтальное смещение м		Длина по стволу, м	
	от	до		в начале	в конце	интервала	общая	интервала	общая
Вертикальный	0	600	600	0	0	0	0	600	600
Набор зенитного угла с отклонителем	600	719	119	0	12	13	13	120	720
Неориентир. набор зенитного угла	719	909	190	12	23	62	75	200	920
Стабилизации зенитного угла	909	1900	991	23	23	421	496	1077	1997

## 2. Практическая часть

Пример расчета трехинтервального профиля

Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.3, а основные геометрические характеристики профиля скважины на рис. 3.6.

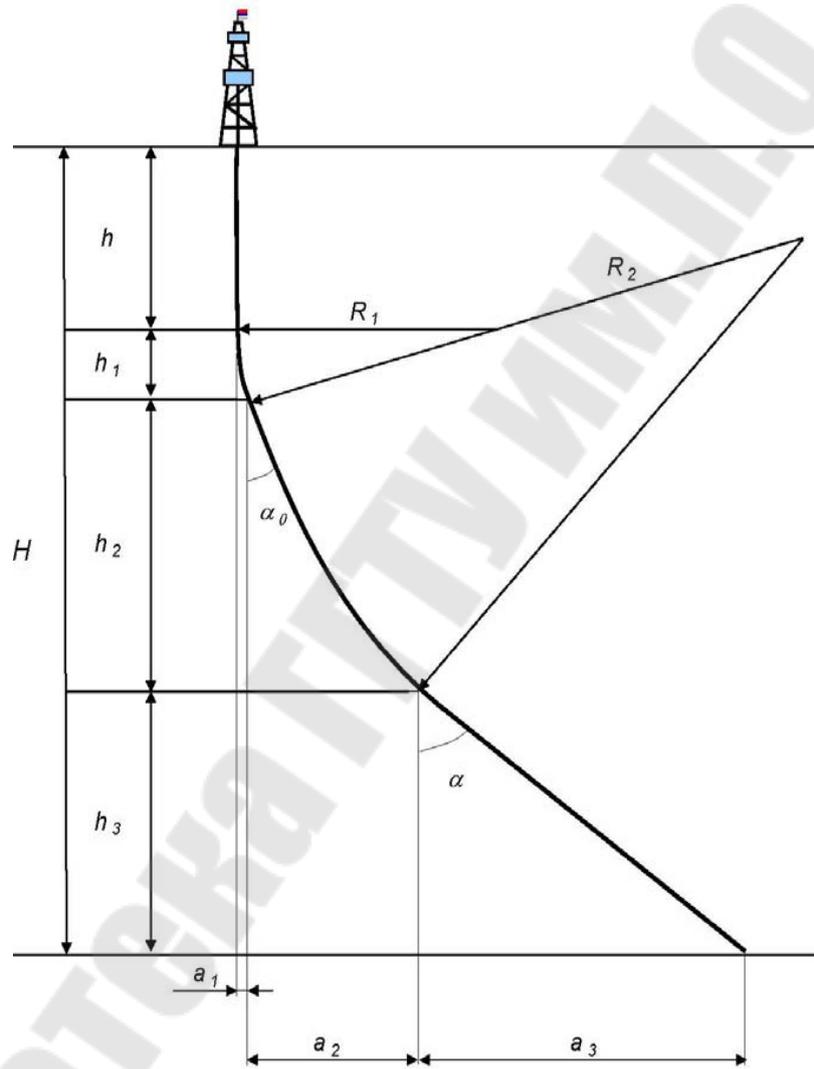


Рис. 3.6. Трехинтервальный профиль

Таблица 3.3

## Исходные данные для расчета

№ п/п	Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Глубина по вертикали	H	м	1900
2	Глубина зарезки наклонно- направленного ствола	<i>h</i>	м	600
3	Горизонтальное смещение забоя скважины от вертикали	<i>A</i>	м	500
4	Интенсивность искривления на участке набора зенитного угла с отклонителем	<i>i</i> <sub>1</sub>	град/100м	10
5	Интенсивность искривления на участке неориентированного набора угла	<i>i</i> <sub>2</sub>	град/100м	5
6	Угол набора с отклонителем	$\alpha_0$	град	12

Расчет производим по участкам сверху вниз

*Вертикальный участок*

Проекция участка на вертикальную ось  $h_B = h = 600$  м.

Длина по стволу  $l_B = h = 600$  м.

Горизонтальное смещение и зенитный угол равны 0.

*Участок набор зенитного угла с отклонителем – ориентируемый набор зенитного угла (2а).*

Расчет проекций на искривленных участках производим по формулам, представленным в табл. 3.1.

-Находим радиус искривления на участке по формуле:

$$R = 57,3/i_1$$

Интенсивность искривления равна  $i_1 = 10 \text{ град} / 100 \text{ м} = 0,1 \text{ град} / \text{ м}$

После подстановки получаем  $R_1 = 573$  м.

-Проекция участка на вертикальную ось:

$$h_1 = R_1 \times \sin \alpha_0 = 573 \times \sin 12 = 119 \text{ м}$$

-Горизонтальная проекция:  $a_1 = R_1 (1 - \cos \alpha_0) = 573 (1 - \cos 12) = 13 \text{ м}$

-Длина интервала по стволу  $l_1 = \alpha_0 / i_1 = 12 / 0,1 = 120 \text{ м}$

Участок неориентированного набора зенитного угла (2б).

-Находим радиус искривления

$$R_2 = 57,3 / i_2 = 57,3 / 0,05 = 1146 \text{ м}$$

-Проекция участка на вертикаль

$$h_2 = R_2 (\sin \alpha - \sin \alpha_0)$$

$$\alpha = \alpha_0 + 10^\circ = 22^\circ$$

$$h_2 = 1146 (\sin 22^\circ - \sin 12^\circ) = 191 \text{ м}$$

$$a_2 = 1146 (\cos 12^\circ - \cos 22^\circ) = 57 \text{ м}$$

$$l_2 = (22^\circ - 12^\circ) / 0,05 = 240 \text{ м}$$

Участок стабилизации зенитного угла (3).

-Находим проекцию на вертикальную ось:

$$h_3 = H - h - h_1 - h_2$$

тогда  $h_3 = 1900 - 600 - 119 - 191 = 990 \text{ м}$

-Горизонтальное смещение:

$$a_3 = h_3 \times \operatorname{tg} \alpha, \text{ тогда } a_3 = 990 \times \operatorname{tg} 22^\circ = 400 \text{ м}$$

Проверка расчета заключается в проверке выполнения условия (3.1):

$$A = a_1 + a_2 + a_3 = A \pm 10$$

В нашем случае  $a_1 + a_2 + a_3 = 13 + 57 + 400 = 470 \text{ м}$

Проектное смещение скважины по горизонтали должно быть 500 м, сумма смещений по участкам равна 470 м, то есть условие  $\sum a_i = A \pm 10$  не выполняется. Таким образом, необходимо увеличить угол  $\alpha$ , принимаем его равным  $\alpha = 23^\circ$ .

Пересчитываем проекции участков **2б** и **3**.

Участок **2б**:

$$h_2 = 1146 (\sin 23^\circ - \sin 12^\circ) = 190 \text{ м}$$

$$a_2 = 1146 (\cos 12^\circ - \cos 23^\circ) = 62 \text{ м}$$

$$l_2 = (23^\circ - 12^\circ) / 0,05 = 200 \text{ м}$$

Участок 3:

$$h_3 = 1900 - 600 - 119 - 190 = 991 \text{ м}$$

$$a_3 = 99 \times \operatorname{tg} 23^\circ = 421 \text{ м}$$

$$l_3 = 991 / \cos 23^\circ = 1077 \text{ м}$$

Выполняем проверку:

$$a_1 + a_2 + a_3 = 13 + 62 + 421 = 496 \text{ м}$$

Условие (3.1) выполняется, расчет закончен, заносим характеристики профиля в табл. 3.5.

На основе данных, содержащихся в табл. 3.4 произвести индивидуальный расчет.

Таблица 3.4

Индивидуальное задание

№ вар.	Проеная глубина скважины по вертикали $H$ ; м	Горизонтальное смещение забоя от вертикали на проектной глубине $A$ ; м	Интенсивность искривления на участке набора кривизны $i$ ; град./10м	Зенитный угол в конце участка набора кривизны $\alpha$ ; град.	Длина вертикального участка (место набора кривизны) $H_B$ ; м
1,16	2000	300	1,5	30	100
2,17	1500	150	1,5	20	180
3,18	2100	300	1,2	25	200
4,19	2150	300	1,1	20	200
5,20	2200	250	1,0	15	150
6,21	1900	250	1,0	23	150
7,22	1800	350	1,5	32	200
8,23	2300	100	1,0	15	170
9,24	1950	150	1,2	18	150
10,25	3000	400	1,2	15	300
11,26	2400	250	1,2	12	200
12,27	2500	250	1,5	18	150
13,28	2750	250	1,2	13	800
14,29	1500	100	1,0	10	200
15,30	2700	900	1,0	10	800

Таблица 3.5

## Результаты расчёта

Участок	Интервал по вертикали, м		Длина интервала по вертикали, м	Зенитный угол, град		Горизонтальное смещение, м		Длина по стволу, м	
	от	до		нач.	конец	интервала	общее		
Вертикальный участок									
Набор зенитного угла									
Прямолинейно-наклонный участок									

## Контрольные вопросы

1. Что такое профиль скважины?
2. Какими параметрами характеризуются наклонно-направленная скважина?
3. Что такое отклонение забоя от вертикали?
4. Что такое зенитный угол?
5. Что такое азимутальный угол?
6. Что такое интенсивность искривления скважины?
7. Что такое радиан?
8. Из скольких участков состоит профиль скважины?
9. Назовите типы профилей?
10. Какими параметрами характеризуется пространственное искривление скважины?

## Лабораторная работа № 4

### Выбор буровой установки.

**Цель:** изучение основных узлов буровой установки.

#### 1. Теоретическая часть

Буровая установка - это техническая система, включающая комплекс наземного технологического оборудования, который, взаимодействуя с буровым инструментом и другими техническими системами, осуществляет технологический процесс строительства скважины.

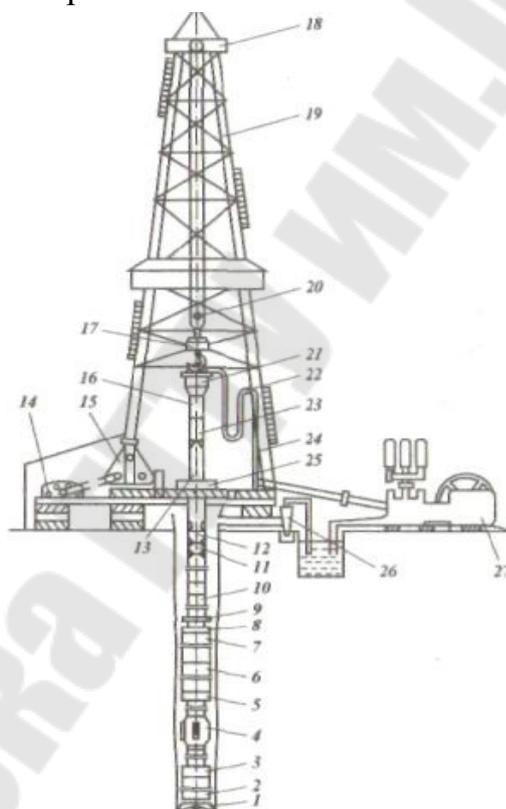


Рис. 4.1. Схема установки для бурения скважин:

1-долото; 2- наддолотная утяжеленная буровая труба; 3 - переводник;  
4 -центратор; 5-муфтовый переводник; 6, 7-утяжеленные буровые трубы;  
8-переводник;9-предохранительное кольцо; 10-буровые трубы;  
11-предохранительный переводник; 12,23-переводники штанговые, нижний и  
верхний; 13-ведущая труба;14-редуктор;15-лебедка;16-переводник вертлюга; 17-  
крюк; 18-кронблок; 19-вышка; 20-талевый блок; 21-вертлюг;22- шланг; 24-стояк;  
25-ротор; 26-шламоотделитель; 27-буровой насос.

Состав узлов буровой установки, их конструкция определяются назначением скважины, условиями и способом бурения. По назначению установки, применяемые для разведки и разработки месторождений нефти и

газа. Подразделяются на следующие группы:

1. Установки для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения.
2. Установки для структурного и поискового бурения.

Общий вид установки для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения приведен на рис. 4.1. В состав буровой установки входит большое количество машин, механизмов, комплексов машин и сооружений, которые объединяются по функциональному признаку в органы. В конструкции практически любой машины, в том числе и бурового комплекса, могут быть выделены следующие группы органов: Основные исполнительные органы, вспомогательные, энергетические (привод), органы управления и информации (связи).

**Основные исполнительные органы** предназначены для выполнения основных операций технологического процесса строительства скважины (разрушение забоя, очистка забоя, крепление ствола, проведение спуско-подъемных операций).

К **вспомогательным** отнесены органы, предназначенные для выполнения вспомогательных операций (монтаж, перевозка, механизация работ) и функций (размещение оборудования, освещение, обогрев).

**Энергетические органы** обеспечивают привод основных и вспомогательных органов. К ним относятся двигатели и трансмиссии.

**Органы информации** позволяют вести контроль за параметрами работы механизмов основных, вспомогательных и энергетических органов, а также за ходом технологического процесса бурения.

**Органы управления** позволяют осуществлять ручное и автоматизированное управление основными и вспомогательными органами, выбор рациональных режимов выполнения технологических операций процесса бурения.

Органы, как правило, представляют собой достаточно сложные технические системы, состоящие из комплексов механизмов. Объединение отдельных механизмов в органы буровой установки производится по принципу их участия в выполнении конкретной технологической

операции. В связи с этим одни и те же механизмы установки могут быть составной частью нескольких органов. В частности, буровая лебедка входит в состав как основных, так и вспомогательных органов, так как при бурении осуществляет регулирование подачи бурового инструмента, выполняет спуск и подъем инструмента, а при монтаже используется для подъема вышки.

### **Выбор буровой установки**

При выборе типа буровой установки необходимо руководствоваться конкретными геологическими, климатическими, энергетическими, дорожно-транспортными и другими условиями бурения. При этом следует помнить, что допускаемая глубина бурения скважины в каждом конкретном случае может быть уменьшена или увеличена по сравнению с условной в зависимости от типа применяемых бурильных труб и компоновки бурильной колонны. Но в любом случае максимальная масса бурильной колонны не должна превышать условную глубину бурения (+10 %), умноженную на 30 кг. Например, для буровой установки БУ-4000 эта величина составит:

$$(4000 + 400)30 = 132000 \text{ кг} = 132 \text{ т}.$$

При компоновке бурильной колонны трубами меньшей массы допустимая глубина бурения может превысить. Например, при массе 1 м бурильных труб 27 кг установкой класса БУ-4000 можно бурить до глубины

$$132000/27 = 4889 \text{ м}.$$

При массе 1 м бурильных труб 36 кг установкой класса БУ-4000 можно бурить до глубины

$$132000/36 = 3667 \text{ м}.$$

Необходимо помнить, что использование установок более высокого класса, чем это требуется, нерационально, так как приводит к увеличению стоимости буровых работ.

Расшифровка обозначения буровых установок объединенных машиностроительных заводов, буровое оборудование которых наиболее широко представлено в парке буровых предприятий России и стран СНГ.

БУ 3200 / 200 ДЭР БМ – Ц	Тип системы управления Ц – цифровая
	Монтажеспособность: БМ – блочно-модульная; У – универсальная; П – передвижная; М – мобильная;
	Тип привода: Д – дизельный; ДГ – дизель – гидравлический; Э – электрический; ДЭ – дизель-электрический;
	Номинальная грузоподъемность (допускаемая нагрузка на крюке) в тоннах
	Условная глубина бурения (для труб диаметром 114мм), м
	Буровая установка

## 2. Практическая часть

В процессе работы на вышку действуют нагрузки, вызывающие соответствующие деформации. Эти нагрузки подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Вышку выбирают по вертикальным нагрузкам. Для этого определяют максимальную вертикальную нагрузку, которую может испытать вышка в процессе бурения скважины, по формуле 4.1.

$$Q_{\max} = G + g + P + P_{\text{пр}} \quad (4.1)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальная нагрузка, передаваемая на буровую вышку, в кН;  $G$  – вес наиболее тяжелой колонны обсадных или бурильных труб в кН;  $g$  – вес талевой системы в кН;  $P$  – натяжение ходового и неподвижного концов каната;  $P_{\text{пр}}$  – дополнительная нагрузка, передаваемая вышке при ликвидации прихвата колонны бурильных или обсадных труб, принимается равной 500-600 кН.

Величина  $G$  равна:

$$G = q \times H + q_m \times \frac{H}{l} \quad (4.2)$$

где  $q$  – вес 1 м трубы в кН;  $H$  – глубина спуска колонны

бурильных труб или обсадных труб в м;  $q_m$  - вес замка или одной муфты трубы в кН;  $l$  - средняя длина трубы в м.

При подсчете обычно пренебрегают потерей веса колонны труб в промывочной жидкости, отнеся ее в запас прочности.

Величина  $P$  равна:

$$P = G/n \quad (4.3)$$

где  $n$  – число рабочих роликов талевого каната.

**Задача** Обосновать выбор буровой вышки для строительства скважины следующей конструкции: 377-мм кондуктор спускают на глубину 300 м, 168-мм колонну – на глубину 1900 м; бурение осуществляют с применением 168-мм бурильных труб при 203-мм утяжеленных бурильных трубах длиной 75 м.

Решение:

1. Определяем вес кондуктора  $G$ :

- 1,08 – вес 1 м 377-мм обсадных труб в кН;
- $l=10$  м;
- 0,31 – вес одной муфты 377-мм трубы в кН.

2. Определяем вес 168-мм колонны:

- 0,39 – вес 1 м 168-мм обсадных труб в кН;
- $l=10$  м;
- 0,093 – вес одной муфты 377-мм трубы в кН.

3. Определяем вес бурильной колонны 168-мм + УБТ. (168-мм на глубину 1825м, УБТ -75 м)

- 2,0 – вес 1 м 203-мм обсадных труб в кН;
- $l=75$ м;
- 0,18 – вес одной муфты 203-мм трубы в кН.

Очевидно, что при расчете надо взять вес бурильной колонны. Вес крюка, талевого блока, элеватора и кранблока равны соответственно: 15,7кН; 33кН; 1,5кН; 24,2 кН.

4. Определяем вес талевой системы.

5. Определяем натяжение ходового и неподвижного концов каната.

( $n=4$ , принимаем оснастку **4 × 5**)

6. Определяем максимальную нагрузку. Выбираем вышку, рабочая нагрузка которой равна 0,5 мН ... 0,75 мН ... 1 мН ... 2 мН (выбрать).

### **Контрольные вопросы.**

1. Классификация буровых установок по назначению?
2. Назовите основные узлы буровых установок?
3. По каким признакам выбирается буровая установка?
4. Что означает органы управления БУ?
5. Что относится к вспомогательным органам управления?
6. Что относится к основным исполнительным органам?
7. Виды буровых установок?

## Литература

1. Беликов, Б. Г. Методические указания по разграничению геологических разрезов скважин на интервалы одинаковой буримости с использованием ЭВМ / Б. Г. Беликов, В. А. Саркисов, Л. А. Романова. – Ставрополь, 1978. – 31 с.

2. Булатов, А. И. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин : учеб. для вузов / А. И. Булатов, Ю. М. Проселков, С. А. Шаманов. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2003. – 1007 с.

3. Ганджумян, Р. А. Расчеты в бурении : справ. пособие / Р. А. Ганджумян, А. Г. Калинин, Н. И. Сердюк ; под ред. А. Г. Калинина. – М. : РГГУ, 2007.

4. Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые : справ. пособие / А. Г. Калинин [и др.] ; под ред. А. Г. Калинина. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2001. – 450 с.

5. Комаров, М. А. Буримость горных пород и ее учет в техническом нормировании / М. А. Комаров, В. Т. Борисович. – М. : ВИЭМС, 1974. – 60 с.

6. Попов, А. Н. Технология бурения нефтяных и газовых скважин / А. Н. Попов, А. И. Спивак, Т. О. Акбулатов. – М. : Недра-Бизнесцентр, 2003. – 509 с.

## Содержание

<a href="#">Предисловие</a> .....	1
<a href="#">Терминология</a> .....	4
<b>Лабораторная работа 1. <a href="#">Разграничение геологических разрезов на интервалы одинаковой буримости</a></b> .....	8
<b>Лабораторная работа 2. <a href="#">Типы породоразрушающего инструмента для бурения нефтяных и газовых скважин</a></b> .....	14
<b>Лабораторная работа 3. <a href="#">Бурение наклонно-направленных скважин</a></b> .....	28
<b>Лабораторная работа 4. <a href="#">Выбор буровой установки</a></b> .....	44
<a href="#">Литература</a> .....	50

ВАРИАНТ 1

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
153	Супесь, глина	1 - 2	2	490С	153,0	12,0
763	Плотные глины с прослоями песчаника	4	3	394МС	237,0	35,0
				394МС	213,0	30,0
				394МС	46,0	10,5
				394МС	59,0	12,6
				394МС	55,0	13,1
1053	Глины, известняки алевролит	4	2	394МС	133,0	28,0
				394МС	85,0	21,0
				295,3 МС-Г	72,0	10,5
1720	Глина, известняк, мергель	4	2 - 3	295,3 МС-Г	60,0	23,3
				295,3 МС-Г	156,0	58,0
				295,3 МС-Г	91,0	32,5
				295,3 МС-Г	84,0	29,0
				295,3 МС-Г	143,0	47,5
				295,3 МС-Г	133,0	42,0
1775		5	2 - 3	295,3 МС-Г	29,0	26,0
				295,3 МС-Г	26,0	24,2
1872	Глинистый сланец, аргиллит	2 - 3	2	295,3 МС-Г	35,0	8,0
				295,3 МС-Г	28,0	7,5
				295,3 МС-Г	34,0	8,0
1959	Песчаник, глины	5 - 6	5 - 6	215,9 СЗ-ГНУ	25,0	19,2
				215,9 СЗ-ГНУ	22,0	20,5
				215,9 СЗ-ГНУ	20,0	18,0
				215,9 СЗ-ГНУ	20,0	18,5

## ВАРИАНТ 2

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
139,7	Суглинок,	2	2	269,9С-ГВ	139,7	14,5
363,2	Глина			269,9С-ГВ	140,5	15,1
605	Глинистый сланец	3-4	4	269,9С-ГВ	83,0	10,0
				269,9С-ГВ	70,0	10,0
				269,9С-ГВ	90,0	10,0
				190,5СЗ-ГВ	41,8	7,0
788	Глины Известняк	4	3	190,5СЗ-ГВ	40,0	5,0
				190,5СЗ-ГВ	38,5	13,0
				190,5СЗ-ГВ	37,0	12,5
				190,5СЗ-ГВ	29,5	10,0
				190,5СЗ-ГВ	42,0	14,2
914	Аргиллит Известняк	4	3	190,5СЗ-ГВ	36,0	12,5
				190,5СЗ-ГВ	34,0	12,0
				190,5СЗ-ГВ	37,0	13,0
				190,5СЗ-ГВ	30,0	11,0
971	Песчаник	6	5	139,7 ТКЗ	25,0	9,5
				139,7 ТКЗ	12,0	8,0
				139,7 ТКЗ	10,0	7,2
	Глины	4	4	139,7 ТКЗ	11,0	7,5
				139,7 ТКЗ	24,0	11,0

## ВАРИАНТ 3

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
443	Песок, глина, алевролит	2	2	269,9С-ГВ	260,0	33,0
				269,9С-ГВ	78,0	14,0
				269,9С-ГВ	105,0	20,5
694	прослои углей	2	3	269,9С-ГВ	45,0	9,2
814	Известняк	4	3	269,9С-ГВ	206,0	42,0
				269,9С-ГВ	70,0	29,0
				269,9С-ГВ	30,0	13,0
878	Мергель прослои глин, известняк	4	3	269,9С-ГВ	20,0	8,5
				161 Т	16,0	8,0
				161 Т	15,0	7,5
				161 Т	12,0	6,2
				161 Т	10,0	8,0
913	Песчаник с прослоями глины	5	5	161 Т	11,0	8,0
				161 Т	10,0	8,0
				161 Т	7,0	7,0
				161 Т	8,0	8,2
				161 Т	10,0	11,0

ВАРИАНТ 4

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
240	Пески с прослоями глин	2	2-3	393,7 С-ЦВ	50,0	10,0
				393,7 С-ЦВ	40,0	8,2
				295,3 С-ГНУ	150,0	12,0
780	Глины с прослоями песчанников, аргиллит	3-4	3	295,3 С-ГНУ	120,0	10,0
				295,3 С-ГНУ	90,0	7,0
				295,3 С-ГНУ	110,0	5,0
				295,3 С-ГНУ	130,0	9,0
				295,3 С-ГНУ	90,0	6,9
1325	Глинистый сланец с включениями карбонатов, мергель	4 - 5	3	295,3 С-ГНУ	110,0	8,4
				295,3 С-ГНУ	95,0	7,5
				295,3 С-ГНУ	70,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	50,0	7,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	14,5
				215,9 СЗ-ГНУ	40,0	6,0
				215,9 СЗ-ГНУ	45,0	6,6
1420	Песчаник	4-5	5	215,9 СЗ-ГНУ	40,0	21,0
				215,9 СЗ-ГНУ	30,0	15,2
				215,9 СЗ-ГНУ	25,0	12,6

ВАРИАНТ 5

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
111	Угли, глины с прослоями	2	2-3	295,3С-ГН	57,0	10,0
				295,3С-ГН	54,0	9,6
311	песчаника и известняка	3-4	4	295,3С-ГН	62,0	11,0
				295,3С-ГН	56,0	9,8
				295,3С-ГН	48,0	8,2
				295,3С-ГН	34,0	6,0
757	Известняк кавернозный	4	2	295,3С-ГН	30,0	5,0
				215,9СЗ-ГАУ	150,0	10,0
				215,9СЗ-ГАУ	160,0	11,0
				215,9СЗ-ГАУ	106,0	7,1
1082	Известняк мергель сланец	4	2	215,9СЗ-ГАУ	70,0	10,0
				215,9СЗ-ГАУ	80,0	11,4
				215,9СЗ-ГАУ	75,0	10,7
				215,9СЗ-ГАУ	100,0	14,0
1232	Известняк доломитизированный	4-5	5	215,9СЗ-ГАУ	32,0	16,2
				215,9 СЗ-ГАУ	28,0	13,5
				215,9 СЗ-ГАУ	25,0	11,8
				215,9 СЗ-ГАУ	35,0	17,1
				215,9 СЗ-ГАУ	30,0	14,0

### ВАРИАНТ 6

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
70	Супесь, глина	1	2	393,7 С-ЦВ	50,0	8,0
				393,7 С-ЦВ	20,0	3,0
670	Глина с прослоями известняка, сланец	2	2	295,3 СЗ-ГНУ	120,0	10,0
				295,3 СЗ-ГНУ	140,0	11,0
				295,3 СЗ-ГНУ	130,0	10,6
				295,3 СЗ-ГНУ	100,0	8,0
				295,3 СЗ-ГНУ	110,0	8,7
896		3	2	295,3 СЗ-ГНУ	90,0	7,6
				295,3 СЗ-ГНУ	60,0	5,1
				295,3 СЗ-ГНУ	76,0	6,5
1006	Известняк	3-4	3	295,3 СЗ-ГНУ	20,0	10,0
				215,9 ТЗ-ГАУ	90,0	30,0
1106	Гипс	3	1	215,9 ТЗ-ГАУ	100,0	32,8
1226	Галит	2	1	215,9 ТЗ-ГАУ	120,0	41,0
1331	Глина	2	2	215,9 ТЗ-ГАУ	105,0	34,8
1508	Песчаник	5 - 6	5 - 6	215,9 ТЗ-ГАУ	38,0	22,0
				215,9 ТЗ-ГАУ	44,0	26,0
				215,9 ТЗ-ГАУ	55,0	32,0
				215,9 ТЗ-ГАУ	40,0	23,2

### ВАРИАНТ 7

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
116	Пластичная глина	2	2	349,2 М-ЦВ	72,0	16,0
				349,2 М-ЦВ	44,0	10,0
549	Глина с прослоями аргиллита	3	3	269,9 СТ-ЦВ	140,0	28,2
				269,9 СТ-ЦВ	135,0	26,8
				269,9 СТ-ЦВ	108,0	22,0
				269,9 СТ-ЦВ	50,0	10,3
675	Аргиллит	4	2	269,9 СТ-ЦВ	76,0	16,0
				269,9 СТ-ЦВ	50,0	10,4
956	Плотный известняк местами глинистый	4	2	269,9 СТ-ЦВ	20,0	11,0
				269,9 СТ-ЦВ	16,0	8,8
				190,5 ТЗ-ГНУ	70,0	23,0
				190,5 ТЗ-ГНУ	80,0	31,7
				190,5 ТЗ-ГНУ	95,0	38,3
1106	Песчаник с прослоями глин и аргиллита	4-5	5	190,5 ТЗ-ГНУ	44,0	22,0
				190,5 ТЗ-ГНУ	26,0	12,7
				190,5 ТЗ-ГНУ	25,0	12,6
				190,5 ТЗ-ГНУ	35,0	17,8
				190,5 ТЗ-ГНУ	20,0	10,0

## ВАРИАНТ 8

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
531	Переслаивание глин, песков, аргиллитов и алевролитов, уголь	2	2	269,9 С-ЦВ	255,0	30,0
				269,9 С-ЦВ	276,0	32,2
1058		3	3	269,9 С-ЦВ	197,0	23,0
				269,9 С-ЦВ	104,0	17,8
				269,9 С-ЦВ	177,0	30,0
				269,9 С-ЦВ	134,0	22,8
				269,9 С-ЦВ	130,0	22,0
1296	Галит с пропластками глин, песчаников	1	2	190,5 СЗ-ГНУ	78,0	10,5
				190,5 СЗ-ГНУ	59,0	8,0
				190,5 СЗ-ГНУ	35,0	4,5
				190,5 СЗ-ГНУ	66,0	9,0
1326	Известняки с прослоями глин и глинистых сланцев	4	4	132Т-ЦВ	20,0	10,0
132Т-ЦВ				10,0	5,4	
1346		3 - 4	3	132Т-ЦВ	20,0	9,0
1386		4-5	4	132Т-ЦВ	15,0	7,8
				132Т-ЦВ	15,0	7,9
				132Т-ЦВ	10,0	5,4

## ВАРИАНТ 9

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
290	Песок, глина	1	2-3	490С	50,0	5,0
				393,7 С-ЦВ	240,0	18,0
700	Кавернозные известняки, местами глинистые	3	2	393,7 С-ЦВ	120,0	20,0
				393,7 С-ЦВ	100,0	18,6
				295,3 С-ГВУ	90,0	10,0
				295,3 С-ГВУ	100,0	12,0
870		2	2	295,3 С-ГВУ	170,0	18,0
1190		3	2	295,3 С-ГВУ	90,0	9,0
				295,3 С-ГВУ	110,0	12,5
				295,3 С-ГВУ	120,0	13,7
1375	Известняк плотный, аргиллит	4	3	295,3 С-ГВУ	50,0	20,0
				295,3 С-ГВУ	65,0	25,7
				295,3 С-ГВУ	70,0	28,3
1585	Доломиты, прослоями песчаники	4-5	5	215,9 ТКЗ-ГНУ	60,0	58,0
				215,9 ТКЗ-ГНУ	35,0	8,0
				215,9 ТКЗ-ГНУ	55,0	8,0
				215,9 ТКЗ-ГНУ	60,0	10,0
1637		6	5	215,9 ТКЗ-ГНУ	15,0	15,1
				215,9 ТКЗ-ГНУ	17,0	17,4
				215,9 ТКЗ-ГНУ	20,0	21,0

## ВАРИАНТ 10

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
388	Известняки глинистые сланцы с прослоями углей	2	2	295,3 СЗ-ГВ	176,0	31,0
				295,3 СЗ-ГВ	95,0	16,2
				295,3 СЗ-ГВ	117,0	21,0
666		3	2	295,3 СЗ-ГВ	78,0	14,2
				295,3 СЗ-ГВ	106,0	19,5
				295,3 СЗ-ГВ	94,0	17,3
901	Переслаивание глин, песчаников местами алевролит	4	3	215,9 МСЗ-ГВ	83,0	21,0
				215,9 МСЗ-ГВ	77,0	19,0
				215,9 МСЗ-ГВ	75,0	18,5
1017		4	4	215,9 МСЗ-ГВ	60,0	14,6
				215,9 МСЗ-ГВ	56,0	14,5
1099		5	4	215,9 МСЗ-ГВ	42,0	14,4
	215,9 МСЗ-ГВ			40,0	14,0	
1200	Известняк, доломит с прослоями глины	4-5	4	139,7 ТЗ-ЦВ	22,0	7,7
				139,7 ТЗ-ЦВ	18,0	8,4
				139,7 ТЗ-ЦВ	21,0	11,0
				139,7 ТЗ-ЦВ	15,0	7,8
				139,7 ТЗ-ЦВ	15,0	8,0
				139,7 ТЗ-ЦВ	10,0	5,5

## ВАРИАНТ 11

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
639	Пески, супеси, глины	2	2-3	393,7 С-ЦВ	340,0	17,7
				393,7 С-ЦВ	299,0	15,6
1924	Известняк местами кавернозный	2	2	393,7 С-ЦВ	198,0	9,9
				295,3 С-ГНУ	214,0	12,3
				295,3 С-ГНУ	167,0	9,4
				295,3 С-ГНУ	150,0	8,3
				295,3 С-ГНУ	139,0	7,5
				295,3 С-ГНУ	170,0	9,0
				295,3 С-ГНУ	144,0	8,1
				295,3 С-ГНУ	103,0	20,5
2089	Известняк доломитизированный с пропластками глин, песчаников, аргиллитов	5	4	295,3 С-ГНУ	50,0	10,0
				190,5 ТКЗ-ГАУ	50,0	12,0
				190,5 ТКЗ-ГАУ	65,0	15,9
2239	5	5	190,5 ТКЗ-ГАУ	40,0	9,1	
			190,5 ТКЗ-ГАУ	35,0	8,5	
			190,5 ТКЗ-ГАУ	35,0	8,7	
			190,5 ТКЗ-ГАУ	40,0	10,0	
2329	5	4	190,5 ТКЗ-ГАУ	50,0	12,4	
			190,5 ТКЗ-ГАУ	40,0	11,0	

## ВАРИАНТ 12

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
120	Суглинки гравий	2	2-3	490 С-ЦВ	120,0	15,0
770	Глина с прослоями песчаника, песка аргиллита	3-4	4	393,7 МС-ЦВ	160,0	16,0
				393,7 МС-ЦВ	164,0	16,8
				393,7 МС-ЦВ	119,0	12,2
				393,7 МС-ЦВ	107,0	11,0
				393,7 МС-ЦВ	100,0	11,0
1389	Переслаивание глин, мергелей и известняка	4	3	295,3 СЗ-ГНУ	150,0	15,6
				295,3 СЗ-ГНУ	140,0	13,5
				295,3 СЗ-ГНУ	106,0	11,5
				295,3 СЗ-ГНУ	110,0	11,8
				295,3 СЗ-ГНУ	113,0	12,0
1841	Песчаник с прослоями алевролита и глины	4-5	5	215,9 СЗ-ГНУ	90,0	50,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	56,0
				215,9 СЗ-ГНУ	85,0	47,0
				215,9 СЗ-ГНУ	77,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	65,0	43,0
				215,9 СЗ-ГНУ	35,0	19,0

## ВАРИАНТ 13

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
60	Супесь, глина	1 - 2	2	393,7 С-ЦВ	60,0	10,0
550	Переслаивание глин, известняка и глинистого сланца	2 - 3	2	295,3 МС-ГНУ	100,0	13,0
				295,3 МС-ГНУ	110,0	14,0
				295,3 МС-ГНУ	90,0	11,2
				295,3 МС-ГНУ	80,0	10,0
				295,3 МС-ГНУ	110,0	14,5
1072	Известняк глинистый, мергель, в нижней части глинистый	2 - 3	2 - 3	295,3 МС-ГНУ	70,0	9,4
				295,3 МС-ГНУ	80,0	10,0
				295,3 МС-ГНУ	79,0	10,5
				295,3 МС-ГНУ	83,0	11,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	20,0
				215,9 СЗ-ГНУ	110,0	21,5
1354	Песчаник глинистый	4-5	5	215,9 СЗ-ГНУ	60,0	40,0
				215,9 СЗ-ГНУ	58,0	39,0
				215,9 СЗ-ГНУ	45,0	29,7
				215,9 СЗ-ГНУ	66,0	43,0
				215,9 СЗ-ГНУ	53,0	35,0

### ВАРИАНТ 14

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
390	Песок, глина	2	2-3	393,7 С-ЦВ	250,0	20,0
				393,7 С-ЦВ	140,0	11,0
914	Глина с прослоями песчаника, сланец	3-4	4	295,3 С-ГНУ	120,0	10,0
				295,3 С-ГНУ	106,0	10,0
				295,3 С-ГНУ	98,0	7,0
				295,3 С-ГНУ	70,0	5,0
			3	295,3 С-ГНУ	130,0	10,0
964	Известняк	4	3	295,3 С-ГНУ	50,0	8,0
1080	Мергель	4	3	295,3 С-ГНУ	60,0	8,0
				295,3 С-ГНУ	56,0	7,5
1180	Известняк	3-4	3	295,3 С-ГНУ	70,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	30,0	10,0
1280	Глина	2-3	2	215,9 СЗ-ГНУ	100,0	58,0
1400	Песчаник с прослоями глины	4-5	5	215,9 СЗ-ГНУ	20,0	8,0
				215,9 СЗ-ГНУ	25,0	8,0
				215,9 СЗ-ГНУ	35,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	40,0	11,0

### ВАРИАНТ 15

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
600	Песок, глина	1-2	2-3	490 С	400,0	30,0
				393,7 С-ЦВ	200,0	20,0
1200	Глина с прослоями известняка, гипс ангидрит	3-4	3-4	393,7 С-ЦВ	120,0	10,0
				393,7 С-ЦВ	140,0	13,0
				393,7 С-ЦВ	100,0	9,0
				393,7 С-ЦВ	160,0	15,0
			3	393,7 С-ЦВ	80,0	8,0
1280	Известняк	4	3	393,7 С-ЦВ	80,0	8,0
1796	Мергель	4	3	295,3 МС-ГАУ	260,0	30,0
				295,3 МС-ГАУ	256,0	33,5
1966	Известняк	3-4	3	295,3 МС-ГАУ	100,0	20,0
				295,3 МС-ГАУ	70,0	15,0
2066	Глина	2-3	2	295,3 МС-ГАУ	100,0	10,0
2411	Известняк с прослоями глины	4	3	295,3 МС-ГАУ	60,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	15,0
				215,9 СЗ-ГНУ	105,0	13,0
				215,9 СЗ-ГНУ	80,0	11,0

## ВАРИАНТ 16

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
400	Супесь, глина	1-2	2-3	393,7 С-ЦВ	200,0	22,0
				393,7 С-ЦВ	200,0	20,0
740	Глина, аргиллит алевролит	3-4	3-4	393,7 С-ЦВ	150,0	18,0
				393,7 С-ЦВ	100,0	18,0
				393,7 С-ЦВ	90,0	15,0
800	Известняк	3-4	3	393,7 С-ЦВ	60,0	15,0
980	Ангидрит	3	3	295,3 МСЗ-ГАУ	180,0	8,0
1100	Известняк	4	3	295,3 МСЗ-ГАУ	120,0	8,0
1550	Мергель	4	3	295,3 МСЗ-ГАУ	200,0	30,0
				295,3 МСЗ-ГАУ	250,0	35,0
1770	Известняк	3-4	3	295,3 МСЗ-ГАУ	120,0	20,0
				295,3 МСЗ-ГАУ	100,0	15,0
1920	Глина	2-3	2	295,3 МСЗ-ГАУ	150,0	24,0
2260	Известняк	4	3	295,3 МСЗ-ГАУ	120,0	20,0
				215,9 СЗ-ГВУ	100,0	35,0
				215,9 СЗ-ГВУ	120,0	37,0
2300	Глина	2	2	215,9 СЗ-ГВУ	40,0	15,0

## ВАРИАНТ 17

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
500	Песок, глина	1-2	2-3	393,7 СГ-ВУ	300,0	30,0
				393,7 СГ-ВУ	200,0	20,0
1260	Глина с прослоями известняка, гипс ангидрит	3-4	3-4	393,7 СГ-ВУ	200,0	25,0
				393,7 СГ-ВУ	160,0	18,0
				393,7 СГ-ВУ	120,0	12,0
				295,3 С-ГАУ	160,0	15,0
				295,3 С-ГАУ	120,0	10,0
1360	Известняк	4	3	295,3 С-ГАУ	100,0	9,0
1876	Мергель	4	3	295,3 С-ГАУ	260,0	30,0
				295,3 С-ГАУ	256,0	33,5
2046	Известняк	3-4	3	295,3 С-ГАУ	100,0	20,0
				215,9 СТ-ГНУ	70,0	15,0
2206	Аргиллит	3-4	3	215,9 СТ-ГНУ	100,0	10,0
				215,9 СТ-ГНУ	60,0	10,0
2244	Песчаник	5	5-6	139,7 ТЗ-ЦВ	20,0	15,0
				139,7 ТЗ-ЦВ	10,0	13,0
				139,7 ТЗ-ЦВ	8,0	11,0

### ВАРИАНТ 18

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
330	Песок, глина	1-2	2-3	490 С	150,0	30,0
				490 С	180,0	20,0
840	Глина с прослоями алевролитов, ангидрит	3-4	3-4	393,7 С-ЦВ	100,0	20,0
				393,7 С-ЦВ	100,0	21,0
				393,7 С-ЦВ	120,0	25,0
				393,7 С-ЦВ	100,0	19,0
			3	393,7 С-ЦВ	90,0	12,0
1520	Мергель	4	3	393,7 С-ЦВ	110,0	10,0
				295,3 СЗ-ГАУ	300,0	50,0
				295,3 СЗ-ГАУ	270,0	45,0
1740	Известняк	3-4	3	295,3 СЗ-ГАУ	100,0	40,0
				295,3 СЗ-ГАУ	120,0	45,0
1780	Глина	2-3	2	295,3 СЗ-ГАУ	40,0	20,0
2490	Известняк	4	3	295,3 СЗ-ГАУ	60,0	32,0
				214 ИСМ	200,0	100,0
				214 ИСМ	400,0	210,0
				214 ИСМ	50,0	20,0

### ВАРИАНТ 19

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
350	Песок, суглинок	1-2	2-3	490 С	150,0	18,0
				490 С	200,0	25,0
1310	Глина, песок с прослоями известняка	3	3	393,7 СЗ-ГВ	200,0	16,0
				393,7 СЗ-ГВ	240,0	19,0
				393,7 СЗ-ГВ	180,0	14,0
				393,7 СЗ-ГВ	160,0	13,0
				393,7 СЗ-ГВ	180,0	5,0
1550	Известняк	3	3	295,3 С-ГАУ	80,0	12,0
				295,3 С-ГАУ	60,0	11,0
				295,3 С-ГАУ	100,0	14,0
1750	Известняк	3-4	3	295,3 С-ГАУ	100,0	16,0
				295,3 С-ГАУ	100,0	15,0
1850	Глина	2-3	2	295,3 С-ГАУ	100,0	16,0
1995	Песчаник	5	5-6	215,9 ТКЗ-ГНУ	60,0	40,0
				215,9 ТКЗ-ГНУ	40,0	29,0
				215,9 ТКЗ-ГНУ	45,0	32,0
2025	Глина	3	3	215,9 ТКЗ-ГНУ	30,0	11,0

## ВАРИАНТ 20

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
780	Песок, глина	1-2	2-3	295,3 МС-ГВУ	400,0	30,0
				295,3 МС-ГВУ	380,0	20,0
2360	Глина с прослоями песчаника и ангидрита	3	3-4	295,3 МС-ГВУ	420,0	10,0
				295,3 МС-ГВУ	440,0	13,0
				295,3 МС-ГВУ	200,0	9,0
				295,3 МС-ГВУ	160,0	15,0
				295,3 МС-ГВУ	180,0	8,0
3060	Мергель	3-4	3	215,9 СЗ-ГНУ	160,0	8,0
				215,9 СЗ-ГНУ	260,0	30,0
				215,9 СЗ-ГНУ	280,0	33,5
3360	Известняк	3-4	3	215,9 СЗ-ГНУ	130,0	20,0
				215,9 СЗ-ГНУ	170,0	15,0
3400	Глина	2-3	2	215,9 СЗ-ГНУ	40,0	10,0
3525	Известняк с прослоями глины	4	3	151 С	20,0	10,0
				151 С	30,0	15,0
				151 С	35,0	13,0
				151 С	40,0	11,0

## ВАРИАНТ 21

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
420	Песок, глина	1-2	2-3	490 С	220,0	30,0
				393,7 МС-ЦВ	200,0	30,0
1200	Глина с прослоями песка, галита и ангидрита	3	3-4	393,7 МС-ЦВ	200,0	40,0
				393,7 МС-ЦВ	190,0	39,0
				393,7 МС-ЦВ	110,0	19,0
				393,7 МС-ЦВ	160,0	25,0
				393,7 МС-ЦВ	120,0	18,0
1780	Известняк	3	3	393,7 МС-ЦВ	130,0	18,0
				295,3 МСЗ-ГН	160,0	30,0
				295,3 МСЗ-ГН	190,0	37,0
				295,3 МСЗ-ГН	100,0	21,0
1930	Глина	2	2	295,3 МСЗ-ГН	70,0	15,0
				295,3 МСЗ-ГН	80,0	16,0
2200	Известняк с прослоями глины	4	3	215,9 СЗ-ГНУ	60,0	10,0
				215,9 СЗ-ГНУ	70,0	12,0
				215,9 СЗ-ГНУ	60,0	12,0
				215,9 СЗ-ГНУ	80,0	13,0

## ВАРИАНТ 22

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
220	Песок, гравий	1-2	2-3	490 С	120,0	34,0
				490 С	100,0	30,0
1200	Известняк кавернозный, доломит, гипс, ангидрит	4-5	4	393,7 СТ-ЦВ	100,0	50,0
				393,7 СТ-ЦВ	90,0	43,0
				393,7 СТ-ЦВ	80,0	39,0
				393,7 СТ-ЦВ	60,0	35,0
				393,7 СТ-ЦВ	70,0	36,0
1780	Известняк	3	3	393,7 СТ-ЦВ	100,0	28,0
				393,7 СТ-ЦВ	80,0	25,0
				295,3 СЗ-ГН	190,0	37,0
				295,3 СЗ-ГН	150,0	30,0
1930	Галит	2	2	295,3 СЗ-ГН	120,0	15,0
				295,3 СЗ-ГН	130,0	16,0
2200	Известняк	4	3	215,9 СЗ-ГНУ	100,0	20,0
				215,9 СЗ-ГНУ	120,0	22,0
				215,9 СЗ-ГНУ	120,0	21,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	19,0

## ВАРИАНТ 23

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
420	Песок, глина	1-2	2-3	490 С	180,0	30,0
				393,7 МС-ЦВ	120,0	30,0
	Глинистый песчаник	4	4	393,7 МС-ЦВ	80,0	50,0
				393,7 МС-ЦВ	90,0	47,0
				393,7 МС-ЦВ	70,0	39,0
				393,7 МС-ЦВ	60,0	35,0
				393,7 МС-ЦВ	100,0	38,0
1780	Известняк	3-4	3	393,7 МС-ЦВ	90,0	31,0
				295,3 МСЗ-ГН	60,0	27,0
				295,3 МСЗ-ГН	90,0	37,0
				295,3 МСЗ-ГН	60,0	27,0
				295,3 МСЗ-ГН	120,0	45,0
1930	Глина	2	2-3	295,3 МСЗ-ГН	100,0	36,0
				295,3 МСЗ-ГН	100,0	36,0
2200	Известняк с прослоями глины	4	3	215,9 СЗ-ГНУ	120,0	37,0
				215,9 СЗ-ГНУ	90,0	32,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	31,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	33,0

## ВАРИАНТ 24

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
80	Песок		5	490 С	80,0	20,0
430	Глина	1-2	2-3	393,7 М-ЦВ	350,0	30,0
1060	Глина с прослоями песка, галита и ангидрита	3	3-4	393,7 М-ЦВ	140,0	52,0
				393,7 М-ЦВ	120,0	49,0
				393,7 М-ЦВ	110,0	40,0
				393,7 М-ЦВ	140,0	55,0
				393,7 М-ЦВ	120,0	38,0
1480	Известняк	3	3	295,3 СЗ-ГН	130,0	48,0
				295,3 СЗ-ГН	100,0	33,0
				295,3 СЗ-ГН	90,0	31,0
				295,3 СЗ-ГН	100,0	41,0
2030	Глина	2	2	295,3 СЗ-ГН	370,0	35,0
				295,3 СЗ-ГН	180,0	16,0
2360	Известняк	4	3	215,9 СЗ-ГНУ	110,0	20,0
				215,9 СЗ-ГНУ	100,0	22,0
				215,9 СЗ-ГНУ	80,0	17,0
				215,9 СЗ-ГНУ	40,0	13,0

## ВАРИАНТ 25

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения час
		твердости	абразивности			
220	Песок,		5	490 С	220,0	30,0
660	Глина с прослоями песка	2-3	3-4	393,7 МС-ЦВ	170,0	40,0
				393,7 МС-ЦВ	120,0	30,0
				393,7 МС-ЦВ	80,0	29,0
				393,7 МС-ЦВ	50,0	19,0
				393,7 МС-ЦВ	120,0	35,0
				393,7 МС-ЦВ	120,0	38,0
1240	Известняк	3-4	3	393,7 МС-ЦВ	130,0	48,0
				295,3 МСЗ-ГН	160,0	50,0
				295,3 МСЗ-ГН	190,0	57,0
				295,3 МСЗ-ГН	100,0	28,0
1390	Глина	2-3	2	295,3 МСЗ-ГН	70,0	15,0
				295,3 МСЗ-ГН	80,0	16,0
1660	Известняк с прослоями глины	4	3	215,9 СЗ-ГНУ	60,0	40,0
				215,9 СЗ-ГНУ	70,0	42,0
				215,9 СЗ-ГНУ	60,0	32,0
				215,9 СЗ-ГНУ	80,0	33,0

**Атвиновская Татьяна Владимировна**

**ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ  
И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**Практикум  
по выполнению лабораторных работ  
по одноименной дисциплине  
для слушателей специальности  
1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»  
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 14.01.19.

Рег. № 77Е.

<http://www.gstu.by>