

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра бурения скважин

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

*Методические указания к самостоятельным работам
для студентов бакалавриата направления 21.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 622.244.4.06+622.245.42 (073)

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН: Методические указания к самостоятельным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Е.Л. Леушева, В.А. Моренов*. СПб, 2020. 26 с.

Методические указания охватывают вопросы изучения геологического разреза скважины, обоснования количества интервалов одинаковой буримости, а также расчет конструкции скважины.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиля «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти».

Научный редактор проф. *М.В. Двойников*

Рецензент доц. *В.Я. Климов* (СК «Тектоника»)

©Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

***Методические указания к самостоятельным работам
для студентов бакалавриата направления 21.03.01***

Сост.: *Е.Л. Леушева, В.А. Моренов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
бурения скважин

Ответственный за выпуск *Е.Л. Леушева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 15.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,5. Усл.кр.-отт. 1,5. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 50 экз. Заказ 371. С 34.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

Задание №1

Разграничение геологических разрезов на интервалы одинаковой буримости

Наиболее сложным вопросом при нормировании труда в строительстве скважин является установление норм времени на разрушение горной породы породоразрушающим инструментом. Разработку научно-обоснованных нормативов времени и внедрение их в производство следует рассматривать как два последовательных этапа общей нормативно-исследовательской работы, но имеющих принципиальные отличия. Первый этап связан с исследованием буримости пород и технологии бурения для технического обоснования нормативов времени, второй этап требует экономического, социального и физиологического их обоснования. Кроме нормирования труда понятие буримости пород широко используется при выборе технических средств и технологических приемов в технических проектах, а также для оценки трудности разбуривания тех или иных отложений.

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:

$$V = V_0 \cdot e^{-Kt}, \quad (1)$$

где V_0 – начальная скорость бурения, м/ч; K – коэффициент, учитывающий падение скорости из-за износа долота; t – время бурения, ч; V – скорость бурения в любой момент времени, м/ч.

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 же 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 же технико-технологических условий пород скважины в определенной степени затрудняет установление интервалов одинаковой буримости.

В решении задачи разграничения геологических разрезов скважин на интервалы одинаковой буримости пород существует 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 не обязательно совпадают с границами однородных по буримости пачек пород. Другой подход состоит 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 (рисунок 1), где угол наклона определяет среднюю механическую скорость в процессе каждого долбления, или определении интервалов с близкими по значению $V_{\text{мех}}$ (рис. 2).

Федоровым В.С. были сформулированы принципы выделения пачек одинаковой буримости, которые сводятся к следующим:

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.

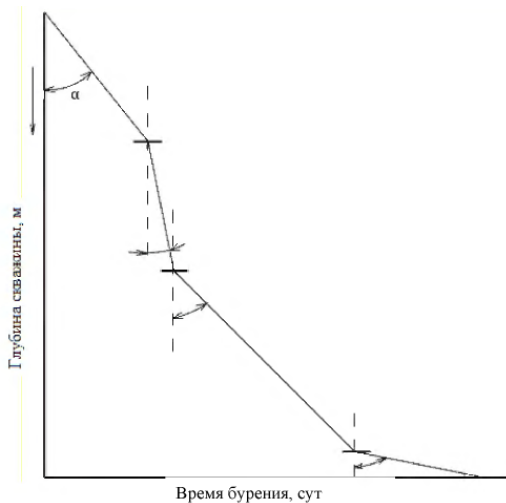


Рис. 1. График углубления скважины ($V_{\text{Мех}} = ct \sin \alpha$)

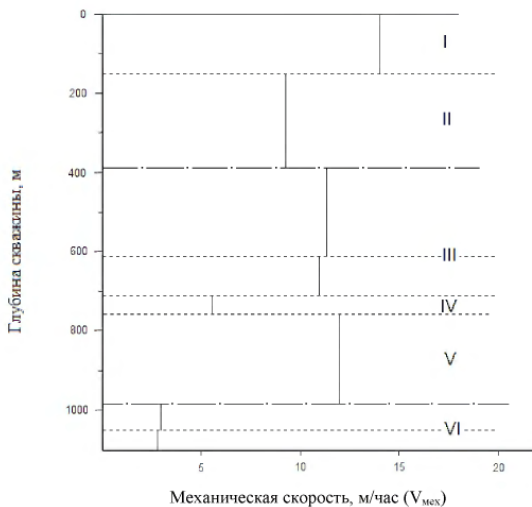


Рис.2. График изменения средней механической скорости по глубине скважины

Эти требования обуславливают следующий порядок разбивки на пакки 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 их работы, при проверке однородности горных пород интервала по промысловым данным следует принять основной тип долота и режим его работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выделить пакки одинаковой буримости по результатам бурения опорной скважины.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

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.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Составить таблицу по форме, приведенной ниже в качестве примера (табл. 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) построить график изменения средней механической скорости бурения по глубине скважины (рис. 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.
6. В каждом таком интервале выделить интервалы (см. рис. 2), в которых механическая скорость практически остается не-

изменной 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*.

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

7. Занести в таблицу (см. табл. 1) номера интервалов одинаковой буримости.

Таблица 1

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 интервалов одинаковой буримости
		твердости	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

Варианты задания

Вариант 1

Глубина, м	Описание пород	Категории пород по		Типоразмер долот	Проходка на долото, м	Время бурения, ч
		твердо- сти	абразивно- сти			
153	Супесь, глина	1-2	2	490С	153,0	12,0
763	Плотные глины с про- слоями пес- чаника	4	3	394МС	237,0	35,0
				394МС	213,0	30,0
				394МС	46,0	10,5
				394МС	59,0	12,6
1053	Глина, из- вестняк, алевролит	4	2	394МС	133,0	28,0
				394МС	85,0	21,0
				295,3МС-Г	72,0	10,5
1720	Глина, из- вестняк, мер- гель	4	2-3	295,3МС-Г	60,0	23,3
				295,3МС-Г	156,0	58,0
				295,3МС-Г	91,0	32,5
				295,3МС-Г	84,0	29,0
				295,3МС-Г	143,0	47,5
1775		5	2-3	295,3МС-Г	133,0	42,0
				295,3МС-Г	29,0	26,0
1872	Глинистый сланец, ар- геллит	2-3	2	295,3МС-Г	26,0	24,2
				295,3МС-Г	29,0	26,0
1872		2-3	2	295,3МС-Г	35,0	8,0
				295,3МС-Г	28,0	7,5
				295,3МС-Г	34,0	8,0
1959	Песчаник, глины	5-6	5-6	215,9СЗ- ГНУ	25,0	19,2
				215,9СЗ- ГНУ	22,0	20,5
				215,9СЗ- ГНУ	20,0	18,0
				215,9СЗ- ГНУ	20,0	18,5

Вариант 2

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

Вариант 3

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
443	Песок, глина, алевролит прослой углей			269,9С-ГВ	260,0	33,0
				269,9С-ГВ	78,0	14,0
				269,9С-ГВ	105	20,5

Окончание варианта 3

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
694		2	3	269,9С-ГВ	45,0	9,2
				269,9С-ГВ	206	42,0
814	Известняк	4	3	269,9С-ГВ	70,0	29,0
				269,9С-ГВ	30,0	13,0
				269,9С-ГВ	20,0	8,5
878	Мергель прослои глин, известняк	4	3	161Т	16,0	8,0
				161Т	15,0	7,5
				161Т	12,0	6,2
				161Т	10,0	8,0
				161Т	11,0	8,0
913	Песчанник с прослойками глины	5	5	161Т	10,0	8,0
				161Т	7,0	7,0
				161Т	8,0	8,2
				161Т	10,0	11,0

Вариант 4

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
240	Пески с прослоями глин	2	2-3	393,7С-ЦВ	50,0	10,0
				393,7С-ЦВ	40,0	8,2
				295,3С-ГНУ	150,0	12,0
780	Глины с прослоями песчаников, аргиллит	3-4	3	295,3С-ГНУ	120,0	10,0
				295,3С-ГНУ	90,0	7,0
				295,3С-ГНУ	110,0	5,0
				295,3С-ГНУ	130,0	9,0
				295,3С-ГНУ	90,0	6,9
1325	Глинистый сланец с включениями	4-5	3	295,3С-ГНУ	110,0	8,4
				295,3С-ГНУ	95,0	7,5
				295,3С-ГНУ	70,0	10,0
				215,9СЗ-ГНУ	50,0	7,0

Окончание варианта 4

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	твердости			
	карбонатов, мергель			215,9С3-ГНУ	100,0	14,5
				215,9С3-ГНУ	40,0	6,0
				215,9С3-ГНУ	45,0	6,6
				215,9С3-ГНУ	35,0	18,0
1420	Песчаник	4-5	5	215,9С3-ГНУ	40,0	21,0
				215,9С3-ГНУ	30,0	15,2
				215,9С3-ГНУ	25,0	12,6

Вариант 5

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
111	Угли, глины с прослоями песчаника и известняка	2	2-3	295,3С-ГН	57,0	10,0
				295,3С-ГН	54,0	9,6
311	Угли, глины с прослоями 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
				215,9С3-ГАУ	150,0	10,0
				215,9С3-ГАУ	160,0	11,0
				215,9С3-ГАУ	106,0	7,1
1082	Известняк, мергель, сланец	4	2	215,9С3-ГАУ	70,0	10,0
				215,9С3-ГАУ	80,0	11,4
				215,9С3-ГАУ	75,0	10,7
				215,9С3-ГАУ	100,0	14,0
1232	Известняк доломитизированный	4-5	5	215,9С3-ГАУ	32,0	16,2
				215,9С3-ГАУ	28,0	13,5
				215,9С3-ГАУ	25,0	11,8
				215,9С3-ГАУ	35,0	17,1
				215,9С3-ГАУ	30,0	14,0

Вариант 6

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

Вариант 7

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твёрдости	абразивности			
116	Пластичная деформация	2	2	349,2М-ЦВ	72,0	16,0
				349,2М-ЦВ	44,0	10,0
549	Глина с прослоями аргилита	3	3	269,9СТ-ЦВ	140,0	28,2
				269,9СТ-ЦВ	135,0	26,8
				269,9СТ-ЦВ	108,0	22,0
				269,9СТ-ЦВ	50,0	10,3

Окончание варианта 7

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

Вариант 8

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
531	Переслаивание глин, песков, аргиллитов и алевролитов, уголь	2	2	169,9С-ЦВ	255,0	30,0
				169,9С-ЦВ	276,0	32,2
1058	Переслаивание глин, песков, аргиллитов и алевролитов, уголь	3	3	169,9С-ЦВ	197,0	23,0
				169,9С-ЦВ	104,0	17,8
				169,9С-ЦВ	177,0	30,0
				169,9С-ЦВ	134,0	22,8
				169,9С-ЦВ	130,0	22,0
1296	Галит с пропластами глин, песчаников	1	2	190,5СЗ-ГНУ	78,0	10,5
				190,5СЗ-ГНУ	59,0	8,0
				190,5СЗ-ГНУ	35,0	4,5
				190,5СЗ-ГНУ	66,0	9,0
1326	Известняки с прослоями глин и глинистых сланцев	3	3	132Т-ЦВ	20,0	10,0
				132Т-ЦВ	10,0	5,4
				132Т-ЦВ	20,0	9,0
1386	Известняки с прослоями глин и глинистых сланцев	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
		твердости	абразивности			
290	Песок, глина	1	2-3	490С	50,0	5,0
				393,7С-ЦВ	240,0	18,0
700 870	Каверзные известняки, местами глинистые	3	2	393,7С-ЦВ	120,0	20,0
				393,7С-ЦВ	100,0	18,6
				295,3С-ГВУ	90,0	10,0
				295,3С-ГВУ	100,0	12,0
1190		2	2	295,3С-ГВУ	170,0	18,0
				295,3С-ГВУ	90,0	9,0
				295,3С-ГВУ	110,0	12,5
				295,3С-ГВУ	120,0	13,7
1375	Известняк плотный, аргиллит	4	3	295,3С-ГВУ	50,0	20,0
				295,3С-ГВУ	65,0	25,7
				295,3С-ГВУ	70,0	28,3
1585	Доломиты, прослоями песчаники	4-5	5	215,9ТКЗ-ГНУ	60,0	58,0
				215,9ТКЗ-ГНУ	35,0	8,0
				215,9ТКЗ-ГНУ	55,0	8,0
				215,9ТКЗ-ГНУ	60,0	10,0
1637		6	5	215,9ТКЗ-ГНУ	15,0	15,1
				215,9ТКЗ-ГНУ	17,0	17,4
				215,9ТКЗ-ГНУ	20,0	21,0

Вариант 10

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердости	абразивности			
388	Известняки глинистые сланцы с прослоями углей	2	2	295,3СЗ-ГВ	176,0	31,0
				295,3СЗ-ГВ	95,0	16,2
				295,3СЗ-ГВ	117,0	21,0
666		3	2	295,3СЗ-ГВ	78,0	14,2
				295,3СЗ-ГВ	106,0	19,5
				295,3СЗ-ГВ	94,0	17,3

Глубина, м	Описание пород	Категория пород по		Типоразмер долот	Нд, м	Время бурения
		твердо-сти	абразивности			
901	Переслаивание глин, песчаников, местами алевролит	4	3	215,9МСЗ-ГВ	83,0	21,0
				215,9МСЗ-ГВ	77,0	19,0
				215,9МСЗ-ГВ	75,0	18,5
1017		4	4	215,9МСЗ-ГВ	60,0	14,6
				215,9МСЗ-ГВ	56,0	14,5
1099		5	4	215,9МСЗ-ГВ	42,0	14,4
	215,9МСЗ-ГВ			40,0	14,0	
1200	Известняк, доломит с прослоями	4-5	4	139,7ТЗ-ЦВ	22,0	7,7
				139,7ТЗ-ЦВ	18,0	8,4
				139,7ТЗ-ЦВ	21,0	11,0
				139,7ТЗ-ЦВ	15,0	7,8
				139,7ТЗ-ЦВ	15,0	8,0
				139,7ТЗ-ЦВ	10,0	5,5

Задание №2

Расчет конструкции скважины

В процессе бурения для обеспечения достижения проектной глубины, ее ствол поинтервально закрепляют обсадными трубами, а кольцевое пространство между стенками скважины и колонной труб заполняется цементным раствором, образующим цементный камень.

Обсадные трубы изготавливаются длиной 6 – 12 м и собираются в колонну (соединяются) при помощи резьбы, нарезанной на концах каждой трубы и муфт.

Совокупность данных о количестве обсадных колонн, их диаметрах и глубинах спуска, диаметрах ствола для каждой колонны, интервалах цементирования называют *конструкцией скважины*.

Элементы конструкции:

Направление – первая колонна из труб большого диаметра предназначенная для предотвращения размыва потоком бурового раствора рыхлых наносных пород на устье скважины и перекрытия верхний неустойчивых отложений четвертичного периода.

Кондуктор – следующая за направлением колонна обсадных труб, которой крепят ствол скважины. Предназначен для перекрытия малоустойчивых горных пород и изоляции водоносных горизон-

тов с пресными водами (при проектировании конструкции скважины, необходимо перекрыть этот интервал на 10-50 метров глубже).

Эксплуатационная колонна – канал из обсадных труб, соединяющий недра земли с дневной поверхностью.

Глубина спуска эксплуатационной колонны определяется глубиной залегания продуктивного пласта, а диаметр – дебитом скважины и способом эксплуатации.

Все колонны труб между кондуктором и эксплуатационной колонной называют *промежуточными*, имеющие техническое назначение, для перекрытия интервалов осложнений (например, интервалы с интенсивными осыпями и обвалами, поглощающие или проявляющие пласты и т.д.). При проектировании конструкции скважины, необходимо перекрыть этот интервал на 10-50 метров глубже.

Промежуточные колонны применяются сплошными или в виде «летучек». Летучками называют колонны, верхняя часть которых («голова») расположена ниже устья скважины.

Хвостовик представляет собой «летучку», являющуюся продолжением эксплуатационной обсадной колонны. При креплении верхняя часть хвостовика должна заходить в предыдущую колонну не менее чем на 50 м и обеспечить герметичность соединения.

Необходимая разность диаметров скважин и муфт обсадных колонн должна выбираться исходя из оптимальных величин, установленных практикой бурения и обеспечения беспрепятственного спуска каждой колонны до проектной глубины, а также качественное их цементирование. Минимально допустимая разность диаметров муфт обсадных труб и скважины регламентируется Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности.

Проектируют конструкцию скважины исходя из заданного диаметра эксплуатационной колонны, обеспечивающей технологический процесс добычи нефти (рис.3).

Диаметры обсадных колонн и долот выбираются снизу-вверх, начиная с эксплуатационной колонны. Диаметр эксплуатационной колонны зависит от способа заканчивания скважины, условий ее эксплуатации, и задается заказчиком на буровые работы.

Рис. 3. Выбор диаметра скважины (долота)

D_m – диаметр муфты обсадной колонны, мм; d_m – диаметр обсадной колонны (трубы), мм; D_o – диаметр долота, мм; e – зазор между муфтой обсадной колонны и стенкой скважины, мм.

Наружные диаметры эксплуатационных колонн выбирают по суммарному ожидаемому дебиту скважины (табл.2).

Таблица 2

Рекомендуемые диаметры эксплуатационных колонн

Нефтяные скважины		Газовые скважины	
Дебит, м ³ /сут	Наружный диаметр эксплуатационной колонны, мм	Дебит, тыс. м ³ /сут	Наружный диаметр эксплуатационной колонны, мм
< 40	114	< 75	114
40-100	127-140	75-250	114-146
100-150	140-146	250-500	146-178
150-300	168-178	500-1000	178-219
> 300	178-194	1000-5000	219-273

Расчетный диаметр долота определяется по формуле:

$$D_d = D_m + 2e, \text{ мм} \quad (2)$$

где e – радиальный зазор между муфтой обсадной колонны и стенкой скважины (табл.3), мм. D_m – наружный диаметр соединительной муфты обсадной колонны, мм. (табл. 4).

Таблица 3

Радиальные зазоры (ϵ)

Диаметр обсадной колонны, мм	114-127	140-168	178-245	273-299	324-351	377-508
Радиальный зазор, мм	5-10	10-20	10-25	15-30	20-40	25-50

Далее по ГОСТ 20692-75 (для шарошечных долот) подбираются ближайший больший размер долота (табл. 5).

Внутренний диаметр обсадной колонны, через которую проходит соответствующее долото рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{вн}} = D_{\text{д}} + 2\Delta, \text{ мм} \quad (3)$$

где Δ – радиальный зазор между долотом и стенкой обсадной трубы, принимается $3 \div 5$ мм. Далее по ГОСТ 632-80 подбираются ближайшее большее значение внутреннего диаметра колонны и указывается наружный диаметр и толщина стенки подобранной колонны.

Таблица 4

Трубы обсадные и муфты к ним (ГОСТ 632-80)

Условный диаметр трубы	Труба		Муфта	
	Наружный диаметр, D	Толщина стенки, δ	Наружный диаметр, $D_{\text{м}}$	Длина, $L_{\text{м}}$
114	114,3	5,2 – 8,6	127	158
127	127,0	5,6 – 9,2	141,3	165
140	139,7	6,2 – 10,5	153,7	171
146	146,1	6,5 – 10,7	166,0	177
168	168,3	7,3 – 12,1	187,7	181
178	177,8	5,9 – 12,7	194,5	184
194	193,7	7,6 – 12,7	215,9	190
219	219,1	6,7 – 14,2	244,5	196
245	244,5	7,9 – 13,8	269,9	196

Условный диаметр трубы	Труба		Муфта	
	Наружный диаметр, D	Толщина стенки, δ	Наружный диаметр, D_m	Длина, L_m
273	273,1	7,1 – 16,5	298,5	203
299	298,5	8,5 – 14,8	323,9	203
324	323,9	8,5 – 14	351,0	203
340	339,7	8,4 – 15,4	355,1	203
351	351,0	9 – 12	376,0	229
377	377,0	9 – 12	402,0	229
406	406,4	9,5 – 16,7	431,8	228
426	426,0	10 – 12	451,0	229
473	473,1	11,1	508,0	228
508	508,0	11,1 – 16,1	533,4	228

Таблица 5

Примеры диаметров долот

151,0	190,5	244,5	320,0	444,5	558,2
161,0	200,0	269,9	349,2	490,0	584,8
165,1	215,9	295,3	393,7	501,0	660,4

Процесс заполнения заданного интервала скважины раствором вяжущих материалов, способных в покое превращаться в прочный непроницаемый камень, называют *цементированием* или *тампонированием (тампонажем)*, а сами материалы – *тампонажными*.

Высота подъема тампонажного раствора в затрубном пространстве и конструкция забоя скважины определяются на основании действующих инструкций и методических материалов. По существующим правилам по всей длине цементируются направление и кондуктор. Промежуточные и эксплуатационные колонны в газовых скважинах цементируются не менее чем на 500 м выше башмака (низа) предыдущей колонны. Для нефтяных эксплуатационных скважин допускается подъем цемента не менее чем на 150 м выше башмака (низа) предыдущей колонны.

Для цементирования в основном используют тампонажные портландцементы и цементы на основе доменных шлаков.

Цементный раствор – смесь воды (жидкости) и сухого цемента в определенной пропорции, которое называют водоцементным отношением (В:Ц). Оптимальное В:Ц для растворов портландцемента и технической воды составляет величину 0,5.

Для обеспечения качественного цементирования обсадную колонну оснащают рядом специальных приспособлений: на низ колонны навинчивают *башмак* с направляющей пробкой, устанавливают *обратный клапан* и *упорное кольцо*. В определенных интервалах на колонну надевают центрирующие фонари.

Существует несколько способов цементирования обсадных колонн – одноступенчатое, двухступенчатое, манжетное, обратное. В большинстве скважин применяют одноступенчатое цементирование. После спуска и промывки обсадной колонны на верхний ее конец навинчивают специальную цементировочную головку, отводы которой соединяют линиями высокого давления с цементировочными агрегатами (ЦА). Насосами ЦА нагнетают вовнутрь обсадной колонны цементный раствор, приготовленный с помощью специальных машин – смесителей. После закачки в обсадную колонну расчетного объема цементного раствора, освобождают верхнюю разделительную пробку, подвешенную внутри цементировочной головки, и в колонну на пробку нагнетают жидкость продавливания. Цементный раствор, дойдя до низа колонны, через башмак поступает в кольцевое пространство (за колонну), поднимается по нему, вытесняя буровой раствор. Когда верхняя разделительная пробка достигает упорного кольца, давление в обсадной колонне резко возрастает, это сигнал о прекращении продавливания цементного раствора. Колонну оставляют в покое на время затвердения цемента (ОЗЦ).

При расчете цементирования колонны определяют необходимое количество сухого тампонирующего материала (цемента), количество воды для приготовления цементного раствора, объем жидкости продавливания, а также максимальное давление в конце процесса цементирования, необходимое число смесителей и агрегатов, время процесса цементирования.

Необходимый объем цементного раствора для цементирования обсадных колонн определяют из выражения:

$$V_{ц.р.} = \frac{\pi}{4} [k_{\kappa} (D_c^2 - d^2) \cdot L + (D_{\text{вн.пред.о.к.}}^2 - d^2) \cdot L_{\text{о.к.}} + d_0^2 \cdot h], \text{ м}^3 \quad (4)$$

где k_{κ} – коэффициент каверн; D_c – диаметр скважины, м; d , d_0 – соответственно наружный и внутренний диаметр обсадной колонны, м; L – высота подъема цементного раствора за колонной в открытом стволе, м; $D_{\text{вн.пред.о.к.}}$ – внутренний диаметр предыдущей обсадной колонны, м; $L_{\text{о.к.}}$ – высота подъема цементного раствора за колонной внутри предыдущей (высота подъема над башмаком предыдущей колонны), м; h – высота цементного стакана, м;

Количество цемента q (кг) для приготовления 1 м³ цементного раствора:

$$q = \frac{\rho_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} + m\rho_{\text{ц}}}. \quad (5)$$

Тогда количество сухого цемента для приготовления заданного объема раствора:

$$G_{\text{ц}} = V_{\text{ц.р.}} \cdot \rho_{\text{цр}} \frac{1}{1+m} \quad \text{или} \quad G_{\text{ц}} = V_{\text{ц.р.}} \cdot \frac{\rho_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} + m\rho_{\text{ц}}}, \text{ кг} \quad (6)$$

где m – водоцементное отношение, (В:Ц 0,35 – 0,60); $\rho_{\text{цр}}$ – плотность цементного раствора, кг/м³; $\rho_{\text{ц}}$ – плотность сухого цемента, кг/м³; $\rho_{\text{в}}$ – плотность жидкости растворения (вода, нефть и др.), кг/м³.

Плотность цементного раствора определяется из выражения:

$$\rho_{\text{цр}} = \frac{(1+m)\rho_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}} + m\rho_{\text{ц}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (7)$$

С учетом потерь сухого цемента при затворении (коэффициент потерь в пределах $K_{\text{ц}} = 1,03 - 1,05$):

$$G_{\text{ц}}' = G_{\text{ц}} \cdot K_{\text{ц}}, \text{ кг} \quad (8)$$

Количество воды $V_{\text{в}}$ для приготовления расчетного объема цементного раствора:

$$V_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot G_{\text{ц}}' \cdot \frac{m}{\rho_{\text{в}}}, \text{ м}^3 \quad (9)$$

где $K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий потери воды в процессе затворения цемента, при механизированном способе $K_{\text{в}} = 1,08$.

Объем жидкости продавливания определяется по формуле:

$$V_{np} = \theta \frac{\pi d_0^2}{4} (H - h) + V_m, \quad (10)$$

где θ – коэффициент, учитывающий сжимаемость жидкости продавливания (1,03–1,05); V_m – вместимость линий нагнетания ($\approx 0,8 \text{ м}^3$).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Спроектировать и начертить конструкцию скважины (обязательно указание глубины спуска колонн их диаметров, диаметры долот и интервалов цементирования с указанием высоты подъема цементного раствора). Пример представлен на рис. 4

Определить количество сухого цемента для цементирования эксплуатационной обсадной колонны. Жидкость затворения – вода техническая плотностью 1020 кг/м^3 . Плотность сухого цемента 3200 кг/м^3 , высота цементного стакана 20 м, В:Ц 0,5.

Таблица 6

Исходные данные для расчета

Вариант	Ожидаемый дебит ($\text{м}^3/\text{сут}$; тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$)	Флюид	Проектная глубина скважины, м	Глубина (интервал) четвертичных отложений, м	Глубина (интервал) водоносных пластов, м	Глубина интервала осложнения, м	k_k
1	35	нефть	2000	30	200-270	1200-1400	1,15
2	70	газ	2000	35	210-290	1110-1350	1,03
3	40	нефть	2100	40	100-170	1050-1520	1,12
4	75	газ	2100	45	200-260	1300-1620	1,08
5	45	нефть	2500	50	200-270	1400-1770	1,09
6	80	газ	2500	30	220-270	1450-1690	1,1
7	50	нефть	2700	35	200-270	1650-1920	1,12
8	85	газ	2700	40	210-300	1700-1950	1,13
9	55	нефть	3100	45	270-400	1850-2100	1,14
10	90	газ	3100	50	300-450	2100-2300	1,04
11	60	нефть	2800	30	200-310	1900-2050	1,05

Окончание табл. 6

Вариант	Ожидаемый дебит (м ³ /сут; тыс.м ³ /сут)	Флюид	Проектная глубина скважины, м	Глубина (интервал) четвертичных отложений, м	Глубина (интервал) водоносных пластов, м	Глубина интервала осложнения, м	k _к
12	100	газ	2800	35	200-300	1750-2100	1,06
13	65	нефть	2600	40	190-280	1450-1860	1,07
14	120	газ	2600	45	180-290	1500-1920	1,08
15	70	нефть	2400	50	195-275	1400-1750	1,01
16	140	газ	2400	30	220-270	1400-1700	1,02
17	75	нефть	2200	35	200-275	1100-1500	1,14
18	170	газ	2200	40	200-275	1310-1600	1,04
19	80	нефть	1900	45	140-220	1000-1300	1,05
20	200	газ	1900	50	120-210	950-1250	1,06

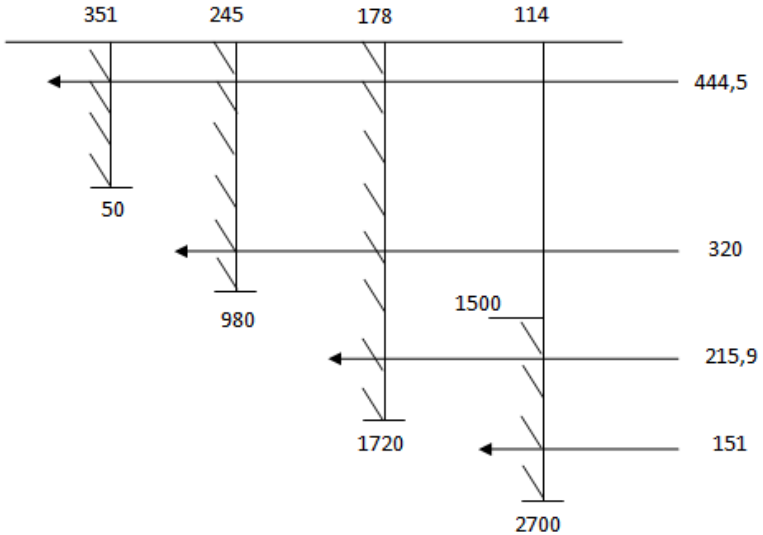


Рис. 4. Пример конструкции скважины

Рекомендательный список литературы

1. *Ананьев А.Н.* Учебное пособие для инженеров по буровым растворам /А.Н. Ананьев. Волгоград: Интернешнл Касп Флюидз. 2000. 142.
2. *Булатов А.И.* Буровые промывочные и тампонажные растворы: учеб. пособие для вузов /А.И. Булатов, П.П. Макаренко, Ю.М. Проселков. М.: ОАО “Издательство Недра”. 1999. 424 с.
3. *Булатов А.И.* Технология промывки скважин [Текст] /А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, В.И. Рябенко. М.: Недра. 1981. 264 с.
4. Уляшева, Н. М. Технология буровых жидкостей [Текст]: учебное пособие для вузов / Н.М. Уляшева. Ухта. 2008. 164 с.
5. Справочник инженера по бурению. Т.1 [Текст] /Под ред. В.И. Мищевича, Н.А. Сидорова. М.:Недра. 1975. с. 380-400.
6. Рязанов, Я. А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург: Летопись, 2005. 664 с.
7. Балаба, В.И. Управление качеством в бурении: Учебное пособие/ В. И. Балаба. М.: Недра-Бизнесцентр. 2008. 480с.
8. *Антонова Е.О.* Основы нефтегазового дела: учебник для вузов / Е.О. Антонова, Г.В. Крылов, А.Д. Прохоров. М.: ООО «Недра Бизнесцентр», 2003. 307 с.
9. *Воробьева Л.В.* Основы нефтегазового дела / Л.В. Воробьева, А.Ю. Гальвас, Т.Г. Кузьмин, П.В. Шевелёв. Томск: Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела ТПУ, 2007. 129 с.
10. *Ибатуллин Р.Р.* Технологические процессы разработки нефтяных месторождений. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2011. 304 с.
11. *Коршак А.А.* Основы нефтегазового дела. Уфа, Дизайн Полиграф Сервис, 2007 544 с.
12. *Мстиславская Л.П.* Основы нефтегазового производства / Л.П. Мстиславская, М.Ф. Павлинич, В.П. Филиппов. М. «Нефть и газ» РГУ нефти и газа, 2003 276 с.

Содержание

Задание №1. Разграничение геологических разрезов на интервалы одинаковой буримости.....	3
Задание №2. Расчет конструкции скважины.....	16
Рекомендательный список литературы.....	25