СПРАВОЧНИК БУРОВОГО МАСТЕРА

том II

«Инфра-Инженерия»



БИБЛИОТЕКА НЕФТЕГАЗОДОБЫТЧИКА И ЕГО ПОДРЯДЧИКОВ (SERVICE)

СПРАВОЧНИК БУРОВОГО МАСТЕРА

том II

Учебно-практическое пособие

Инфра-Инженерия
Москва
2006

УДК 622.233
ББК 33.13
С74

Рецензенты:

- доктор технических наук, профессор **С.Н. Бастриков** (Сибирский научно-исследовательский институт проектирования скважин - СибНИИП);
- доктор технических наук, профессор **Ф.А. Агзамов** - зав. кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного технического нефтяного университета.

Справочник бурового мастера\ Под общей редакцией **В.П. Овчинникова, С.И. Грачёва, А.А. Фролова.**
Учебно-практическое пособие в 2-х томах.

Институт нефти и газа Тюменского государственного нефтегазового университета.

В справочнике изложены описание и технические характеристики применяемого бурового оборудования, инструмента, материалов для строительства скважин различного назначения. Даны рекомендации по обоснованию их выбора для конкретных геолого-технологических условий бурения скважин. Описан опыт применения новых технологий на различных стадиях строительства скважины на ряде месторождений Западной Сибири.

Данное пособие предназначено для инженерно-технических работников, аспирантов и студентов высших и средних специальных учебных заведений, занимающихся изучением и решением проблем, возникающих при строительстве скважин.

М.: «Инфра-Инженерия», 2006. - 608 с.

© Коллектив авторов, 2006
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2006

ISBN 5-9729-0006-8
ISBN 5-9729-0008-4

Глава IX
РАЗОБЩЕНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ (ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ СКВАЖИН)

(Составители: Овчинников В.П., Фролов А.А., Овчинников П.В., Аксенова Н.А.)

§ 1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выбор тампонажных материалов и растворов на их основе должен осуществляться с учетом следующих требований:

– тампонажный материал и сформированный из него камень должны соответствовать диапазону статических температур в скважине по всему интервалу цементирования;

– рецептура тампонажного раствора подбирается по динамической температуре и давлению, ожидаемым в цементируемом интервале скважины;

– плотность тампонажного раствора должна быть, как правило, не ниже плотности бурового раствора. Ограничением верхнего предела плотности тампонажного раствора при прочих равных условиях является недопущение гидроразрыва пород.

– цементный камень при наличии в цементируемом интервале агрессивных сред должен быть коррозионностойким к воздействию этих сред.

Тампонажные материалы, используемые при строительстве скважин, должны иметь соответствующие сертификаты качества. Свойства тампонажных материалов и формируемого из них цементного камня должны соответствовать требованиям стандартов. Порядок хранения и сроки использования тампонажных материалов устанавливаются заводом-изготовителем.

Для сохранения естественной проницаемости пористых и пористо-трещиноватых коллекторов продуктивных отложений тампонажные растворы должны иметь минимально возможную фильтрацию. Общая минерализация тампонажных растворов должна быть близка к минерализации буровых растворов, применяющихся при вскрытии продуктивных горизонтов.

Расчетная продолжительность процесса цементирования

обсадной колонны не должна превышать 75% времени начала загустевания тампонажного раствора.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ГОСТ 1581-96

Тампонажными называются материалы, которые при затворении с водой образуют суспензии, способные в условиях скважины превращаться в практически непроницаемое твердое тело.

Тампонажные материалы классифицируются по следующим признакам: по виду клинкера и составу основных компонентов, температуре применения, средней плотности тампонажного раствора, устойчивости к воздействию агрессивных пластовых вод; объемным деформациям при твердении.

По виду клинкера и составу компонентов тампонажные цементы подразделяются на основе: портландцементного клинкера; глиноземистого клинкера; безклинкерные.

По вещественному составу цементы подразделяют на следующие типы:

I – тампонажный портландцемент бездобавочный;

I-G – тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированным требованиями при водоцементном отношении, равном 0,44 ГОСТ 26798.1-96;

I-H – тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,38 ГОСТ 26798.1-96;

II – тампонажный портландцемент с минеральными добавками;

III – тампонажный портландцемент со специальными добавками, регулирующими плотность цементного раствора.

По плотности цементного теста цемент типа III подразделяют на :

– облегченный (Об);

– утяжеленный (Ут).

По температуре применения цементы типов I, II, III подразделяют на цементы, предназначенные для:

– низких и нормальных температур (15–50) ^{0}C;

– умеренных температур (51–100) ^{0}C;

– повышенных температур (100–150) ^{0}C.

По сульфатостойкости цементы подразделяют на:

а) типы I, II, III

– обычный (требования по сульфатостойкости не предъявляют);

– сульфатостойкий (СС);

б) типы I-G и I-H

– высокой сульфатостойкости (СС-1);

– умеренной сульфатостойкости (СС-2).

Условное обозначение цементов должно состоять из:

– буквенных обозначений цемента: ПЦТ – портландцемент тампонажный;

– обозначение типа цемента – по 2.1;

– обозначение сульфатостойкого цемента – по 2.4;

– обозначение средней плотности для цемента типа III – по таблице 9.1;

Таблица 9.1

Обозначение средней плотности для цемента типа III

Значение плотности цементного теста для цемента типа III, кг/м^3			
облегченного		утяжеленного	
Обозначение средней плотности	Плотность ±40	Обозначение средней плотности	Плотность ±40
Об 4	1400	Ут 0	2000
Об 5	1500	Ут 1	2100
Об 6	1600	Ут 2	2200
		Ут 3	2300

– обозначение максимальной температуры применения цемента – по 2.3;

– обозначение гидрофобизации или пластификации цемента – ГФ или ПЛ;

– обозначение стандарта ГОСТ-1581-96.

Примеры условных обозначений

1. Портландцемент тампонажный с минеральными добавками сульфатостойкий для низких и нормальных температур

ПЦТ II-СС-50 ГОСТ 1581-96

2. Портландцемент тампонажный бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,44, умеренной сульфатостойкости

ПЦТ I-G-СС-2 ГОСТ 1581-96

3. Портландцемент тампонажный со специальными добавками облегченной плотностью 1,53 г/см^3, для умеренных температур гидрофобизированный

ПЦТ III-Об 5-100-ГФ ГОСТ 1581-96

§ 3. ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ 1581-96 К ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ТАМПОНАЖНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, РАСТВОРУ И СФОРМИРОВАННОМУ НА ЕГО ОСНОВЕ КАМНЮ

Вещественный состав цементов всех типов должен соответствовать значениям, указанным в таблице 9.2.

Таблица 9.2

Вещественный состав тампонажного портландцемента

Тип цемента	Содержание клинкера (%)	Содержание добавки (%)	
		Минеральная добавка	Специальная добавка – облегчающая (в т.ч. природная пуццолановая) или утяжеляющая
I I-G I-H	100	Не допускается	
II	80-90	6 – 20*	-
III	30-89	-	11-70
*Добавок осадочного происхождения не должно быть более 10% массы цемента			

Требования к физико-механическим показателям, характеризующим тампонажно-технические свойства цементов типов I-III, приведены в таблице 9.3 и 1, а цементов типов I-G и I-H – в таблице 9.4.

Таблица 9.3

Требования к физико-механическим свойствам раствора, камня на основе тампонажного портландцемента типа I-III

Наименование показателя	Значение для цементов при температурах применения				
	Низких и нормальных		Умеренных и повышенных		
	тип I, II	тип III-Об	тип I, II	тип III-Об	тип III-Ут
1 Прочность при изгибе, МПа, не менее, в возрасте: 1 сут 2 сут	- 2,7	- 0,7	3,5 -	- 1,0	- 2,0
2 Тонкость помола*: · остаток на сите с сеткой №008 по ГОСТу 6613, % не более · удельная поверхность, кг/м^3, не менее	12,0 270	10,0 -	15,0 250	12,0 -	12,0 230
3 Водоотделение, мл, не более	8,7	7,5	8,7	7,5	10,0
4 Растекаемость цементного теста, мм, не менее для цемента: ·непластифицированного · пластифицированного	200 220	- -	200 220	- -	- -
5 Время загустевания до консестенции 30 Вс**, мин, не менее	90				
*Допускается определять тонкость помола для цемента типа I только по удельной поверхности, а для цементов II и III-Ут – только по остатку на сите ** Едениции консистенции Бердена					

Таблица 9.4

Требования к физико-механическим показателям, характеризующим тампонажно-технические свойства цементов типов типов I-G и I-H

Наименование показателя	Значения для цементов типов I-G и I-H	
	не менее	не более
Прочность на сжатие, МПа, через 8 ч твердения при температуре: 38 ^{0}C 60 ^{0}C	2,1 10,3	- -
Водоотделение, мл	-	3,5
Консистенция цементного теста через 15-30 мин режима испытания, Вс	-	30
Время загустевания до консистенции 100 Вс, мин	90	120

Таблица 9.5

Требования к химическим параметрам цементов

Наименование показателя	Значение для цементов при температурах применения (%)			
	тип I	тип III	тип II	тип I-G и I-H
Потери при прокаливании, не более	5,0			
Массоваяы доля нерастворимого остатка, не более	5,00	-		0,75
Массовая доля оксида серы (VI)SO_3: не менее не более	1,5 3,5			- 3,0
Массовая доля хлорид иона, не более	0,10			
Массовая доля суммы щелочных оксидов в пересчете на Na_2O, не более	-			0,75

Портландцементный клинкер по химическому составу должен соответствовать технологическому регламенту. Массовая доля MgO в клинкере не должна быть более 5,0 %.

Минералогический состав клинкера для сульфатостойких тампонажных цементов должен соответствовать значениям, указанным в таблице 9.6.

Таблица 9.6

Требования к минералогическому составу клинкера тампонажного портландцемента

Наименование показателя	Значение для клинкера цемента типа и сульфатостойкости		
	I, II, III	I-G и I-H	
	СС	СС-1	СС-2
Содержание трехкальциевого силиката C_3S не менее не более	- -	48 65	48 58
Содержание трехкальциевого алюмината C_3A, не более	5	3	8
Сумма трехкальциевого алюмината C_3A и четырехкальциевого алюмоферрита C_4AF	22	24*	-
* Сумма четырехкальциевого алюмоферрита и удвоенного содержания трехкальциевого алюмината			

Гипсовый камень по ГОСТ 4013. Допускается применение других материалов, содержащих сульфат кальция по соответствующим нормативным документам.

Облегчающие и утяжеляющие добавки должны обеспечивать получение цемента плотностью, указанной в таблице 9.1 и не должны вызывать деструкцию и коррозию цементного камня.

§ 4. ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМРЕАГЕНТЫ СОГЛАСНО КЛАССИФИКАЦИИ API

Для цементирования нефтяных и газовых скважин в США в качестве базового цемента используется портландцемент – чистый или с примесями.

Такие тампонажные материалы подразделяются на девять основных классов (A, B, C, D, E, F, G, H, I) по следующим признакам: приблизительный интервал глубин и оптимальные температуры использования, сульфатостойкость соответствующего класса.

Дополнительные требования к тампонажным растворам таковы:

– максимальная седиментация для цементов классов G и не должна превышать 1,4 %;

– прочность на сдавливание камня из цемента класса I через 7 сут не должна быть ниже, чем через 1 сут твердения.

Время твердения растворов обусловлено продолжительностью процесса цементирования с запасом 25%. Для цементов классов G и H задается минимальное время затвердения, которое составляет 2 ч.

Давление при проведении измерений времени затвердения должно соответствовать гидростатическому давлению, которое создается цементным раствором с определенной плотностью.

Для цементирования скважин со сложными геолого-техническими условиями, которым не соответствуют портландцементы по классификации API, используются специальные цементы.

К специальным цементам относятся следующие:

1. Облегченные тампонажные материалы, в частности, пу-

цолановый цемент (изготавливается путем совместного помола портландцементного клинкера и пуццолана), цементно-зольные смеси, пуцоланово-известковый и зольно-известковый цементы.

Существуют также методы образования сверхлегких тампонажных растворов ($\rho < 1250$ кг/м^3). Такая низкая плотность тампонажного раствора достигается путем насыщения его пустотными микросферами или сжатым азотом при предварительной его обработке ПАВ, стабилизирующим пену.

2. Утяжеленные тампонажные материалы, которые образуются двумя способами:

– введением примеси утяжелителя, в частности, песка, барита, ильменита, гематитовой руды;

– снижением водоцементного отношения с сохранением подвижности тампонажного раствора за счет введения в него пластификаторов.

3. Расширяющиеся цементы.

Расширение в специальных цементах, которые изготавливаются в США, обусловлено образованием в процессе гидратации гидросульфоалюминатов типа эттрингита. Абсолютная величина расширения не должна превышать 0,5 %.

Существует три основных типа расширяющихся цементов:

1) тип K – смесь портландцемента с сульфоалюминатом кальция;

2) тип S – портландцемент (класс A) с повышенным содержанием C3A и примесью CaSO4 ''/2H2O;

3) тип M – портландцемент (класс A) с незначительной примесью кислотостойкого цемента.

K специальным цементам также относят:

– цементы с примесью латекса (латекс-цементы); они отличаются низкой водоотдачей, улучшенными реологическими параметрами, а цементный камень приобретает высокую упругость;

– портландцементы с примесью бентонита (8–25 %) и пластификаторов (лигносульфоната); такие составы имеют низкую водоотдачу и относятся к облегченным цементам;

– солевые гельцементы, которые изготавливаются из портландцемента, бентонита (12–16 %), соли (например, NaCl), лигносульфоната кальция (0,1–1,5 %); они отличаются пониженной вязкостью и используются для цементирования солевых отложений.

Для регулирования свойств тампонажных растворов используются:

– ускорители твердения: хлористый кальций, хлористый натрий, кремнекислый натрий и другие неорганические ускорители;

– замедлители твердения для низких температур: MRL-1, (3), (L); HR-4, (7), (6L); D-13 (81); R-5; WR-1, (2), (L1). для высоких и сверхвысоких температур MHR-8, (9); HR-12, (15); D-28, (29); R-11, (15-L); M-6; WR-6, (7); такие замедлители относятся к лигносульфонатам, органическим кислотам, производным целлюлозы, боратам.

Пластификаторы MCD-3, (4) (L); TF-3, (4), (5); D-30, (31), (45), (65), (80), (31L); CFR-1, (2) и др.; пластификаторы марки CFR одновременно являются замедлителями твердения, большинство пластификаторов представляют собой модифицированные лигносульфонаты и низкомолекулярные водорастворимые смолы.

Вещества, понижающие водоотдачу: MFL-4, (5), (7); Халад 9, (14); D-19, (22), (59), (60); CF-1, (2), R-6 и др.. В основном это производные целлюлозы.

§ 5. СТАНДАРТЫ ДЛЯ ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТОВ

Для цементирования скважин следует применять тампонажные материалы (таблица 9.7), удовлетворяющие требованиям соответствующих стандартов.

§ 6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТАМПОНАЖНЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ

Физико-механические свойства цементов определяют по ГОСТ 26798.1-96 и ГОСТ 26798.2-96 .

ГОСТ 26798.1-96. Этот стандарт распространяется на все тампонажные цементы, кроме цементов типов I-G и I-H, и устанавливает методы испытаний для определения: тонкости помола, растекаемости, плотности цементного теста, времени загустевания, водоотделения, прочности.

ГОСТ 26798.2-96. Этот стандарт распространяется на тампонажные цементы типов I-G и I-H и устанавливает методы испытаний для определения: консистенции и времени загус-

Таблица 9.7

Тампонажные цементы

Цемент	Обозначение	Стандарт
Портландцемент для скважин: холодных горячих	 ПЦХ ПЦГ	ГОСТ 1581-86
Утяжеленный портландцемент для скважин: холодных горячих	 УПЦХ УПЦГ	ТУ 39-01-08-536-80
Песчанистый портландцемент для скважин: холодных горячих	 ППЦХ ППЦГ	ГОСТ 1581-85
Солестойкий портландцемент для скважин: холодных горячих	 СПЦХ СПЦГ	
Низкогигроскопичный портландцемент для скважин: холодных горячих	 НПЦХ НПЦГ	ТУ 21-1—4-67
Облегченный портландцемент для скважин: холодных горячих	 ОПЦХ ОПЦГ	ТУ 21-20-36-78
Шлакопесчаный совместного помола	ШПЦС-120 ШПЦС-200	ОСТ 39-017-80
Утяжеленный шлаковый	УШЦ1-120 УШПЦ2-120 УШПЦ1-200 УШПЦ2-200	ОСТ 39-014-80
Утяжеленный для горячих скважин	УПГ-1	ТУ 39-01-08-535-80
Облегченный для скважин: холодных горячих	 ОЦХ ОЦГ	 ТУ 39-01-08-469-79 ТУ 39-01-08-469-80
Цементно-глинистые составы	ЦГС	-
Тампонажный быстротвердеющий расширяющийся	ЦТБР	ТУ 21-32-61-74
Цементно-смоляная композиция	ЦСК	-

тевания, водоотделения, прочности.

Химический анализ клинкера и цемента определяют по ГОСТу 5382.

6.1. Требования техники безопасности при работе с тампонажными портландцементами

При работе в лаборатории тампонажных материалов студенты должны придерживаться следующих правил техники безопасности:

– содержание рабочего места в чистоте и порядке;

– пролитые на стол или пол тампонажные растворы, жидкости следует вытирать мокрой ветошью, а сыпучие вещества надо стряхнуть со стола щеткой, стол замыть водой и протереть насухо;

– во время проведения лабораторных испытаний не класть на рабочее место посторонние предметы. На рабочем столе

должны быть только реактивы, лабораторная посуда, приборы, необходимые для работы, а также рабочая тетрадь, куда записываются результаты лабораторных испытаний;

– все приборы и реактивы необходимо располагать на столе в определенном порядке, и после работы ставить их вновь на предназначенные им места.

– для защиты органов дыхания при работе с тампонажными портландцементами и сыпучими веществами следует применять марлевые повязки или респираторы ШБ-1 типа "Лепесток" по ГОСТ 12.4.028 или респиратор У-2К по ТУ 6-16-2267-86. Также используются халаты, противопылевые очки для защиты глаз и для защиты рук резиновые перчатки.

Запрещается!!!

– выполнять лабораторные испытания в отсутствии преподавателя;

– брать без разрешения преподавателя различные химреагенты и реактивы;

– включать приборы, находящиеся под напряжением без разрешения преподавателя;

– сливать остатки нефти и тампонажных растворов в канализацию;

– производить какие-либо работы по исправлению неисправностей электрооборудования;

– нарушать дисциплину.

6.2. Общие указания к выполнению лабораторных работ

При приготовлении образцов цементного раствора необходимо придерживаться заданной рецептуры. Для этого следует отобрать среднюю пробу цементного порошка, точно выдерживать водоцементное отношение, тщательно перемешать цементный порошок с водой. Для стандартных испытаний цементные растворы затворяют на пресной воде.

При подборе рецептуры раствора для цементирования конкретной скважины следует применять ту воду, которая будет использована при цементировочных работах. Тампонажный цемент выдерживают в помещении до принятия им комнатной температуры.

Испытания следует проводить в помещениях с температу-

рой воздуха (20±2)^{0}С и относительной влажностью не менее 50%. Пробы цемента до испытаний хранят в сухом месте при относительной влажности не более 50%.

Перед испытанием каждую пробу цемента просеивают через сито с сеткой № 09 по ГОСТ 6613. Остаток на сите взвешивают и отбрасывают. Массу остатка в процентах, а также его характеристику (наличие комков, кусков дерева, металла и пр.) регистрируют. После просеивания пробу цемента перемешивают.

Для испытания при низких положительных и отрицательных температурах перед затворением тампонажный материал или его компоненты выдерживаются в холодильной камере до полного набора необходимой температуры испытания (5±0,5; 0±0,5; -2±0,5 и -5±0,5°С).

Температура жидкости затворения – воды или водных растворов противоморозных добавок при температурах испытания 22+2 и 3±0,5°С составляет соответственно 22+2 и 5±0,5°С, а при температурах твердения 0±0,5; -2±0,5 и –5±0,5°С не должна превышать 10^{0}С. Приготовление тампонажного раствора осуществляется в холодильных камерах.

Средой твердения образцов цементного камня при низких положительных температурах служит вода и увлажненный (до 50%) песок, при отрицательных температурах – воздух.

Взвешивать тампонажные материалы нужно на технических весах с точностью до 1 г, реагенты на лабораторных весах – с точностью до 0,01 г. Воду взвешивают или отмеряют с погрешностью ±1 г или ±1 мл соответственно.

Масса жидкости затворения при заданном водоцементном отношении включает добавки реагентов, массовая доля каждого из которых берётся в процентах массы тампонажного цемента в пересчете на сухое вещество.

Отклонение в результатах параллельных определений не должны превышать 15 % от среднего значения.

Средства контроля, применяемые при испытаниях, должны быть изготовлены из материалов, не реагирующих с цементом. Применение алюминиевых и оцинкованных форм, чаш, лопаток и т.п. не допускается.

6.3. Приготовление цементного теста

Средства контроля

– весы типа ВЛКТ – 2 кг по ГОСТ 24104;

– мерный цилиндр 500 см³;

– сито № 90 с сеткой 09;

– чашка сферическая (ГОСТ 310.3), лопатка для затворения;

– для механизированного приготовления раствора необходима мешалка, объем которой 500-900 см³, частота вращения (1500±100) об/мин;

– секундомер;

– смеситель для приготовления цементного теста, вместимостью 1,14 л с пропеллерной мешалкой и нижним приводом со скоростями вращения 4000 и 12000 об/мин (для цементов типа I-G, I-H ГОСТ 26798.2-96)

Порядок приготовления цементного теста

Просеивают пробу тампонажного цемента на сите с сеткой №09.

Масса пробы цемента и воды, используемой при приготовлении цементного теста для каждого вида испытания, должна соответствовать значениям, указанным в таблице 9.8.

Цемент и воду для конкретного типа цементов и вида испытания в количестве, указанном в таблице 9.8, помещают в стакан лопастного смесителя и перемешивают в течение

Таблица 9.8

Масса пробы цемента и воды, используемой при приготовлении цементного теста для каждого вида испытания

Тип цемента	Водоцементное отношение	Масса воды, г	Масса пробы цемента, г, для одного затворения при определении		
			Растекаемости, плотности, прочности образцов цем. Балочек 20×20×100 мм	Времени загустевания, водоотделения (прочность)*	Прочности образцов балочек размером 40×40×160 мм
I, II	0,5	350 600	700 -		- 1200
III-Об	0,60-1,3	-	300-500		600-800
III-Ут	0,30-0,40	-	800		1600
I-G	0,44	349	-	792*	-
I-H	0,38	327	-	860*	-

* Для цементов типа I-G и I-H согласно ГОСТ26798.2-96 определяется прочность образцов размером 50×50×50

Примечания

1. Допускается определять растекаемость и плотность в пробах цементного теста, приготовленных для определения времени загустевания и водоотделения или прочности.
2. Величину В/Ц для цемента типа III подбирают по растекаемости цементного теста, которая должна быть не менее 180 и не более 220 мм.

Примечания

1. Допускается определять растекаемость и плотность в пробах цементного теста, приготовленных для определения времени загустевания и водоотделения или прочности.

Величину В/Ц для цемента типа III подбирают по растекаемости цементного теста, которая должна быть не менее 180 и не более 220 мм.

180±5 с для цементов типа I, II, III. Цементное тесто готовят в соответствии с инструкцией, прилагаемой к смесителю. В случае ручного приготовления цемент высыпают в чашку, предварительно протертую влажной тканью. Затем делают в цементе углубление и в один прием заливают воду. Углубление засыпают цементом через 30 с после смешивания с водой сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой.

Для всех тампонажных цементов типа I, II, III, за исключением гидрофобизированных, продолжительность перемешивания и растирания с момента приливания воды составляет 180±10 с; для гидрофобизированных цементов – (300±10)с. Для цементов типа I-G, I-H перемешивание продолжают в течение 35±1с.

6.4. Расчет количества компонентов в 1 м³ облегченного тампонажного раствора и выхода раствора из 1 т цемента или 1 т сухой смеси цемента

Пример 1. Расчет количества компонентов в 1 м³ облегченного тампонажного раствора плотностью 1,38 г/см³ и выхода раствора из 1 т цемента (сухой смеси цемента и микросфер).

Тампонажный раствор плотностью 1,38 г/см³ содержит следующее количество компонентов в весовых частях:

тампонажный портландцемент – 0,75, микросферы – 0,25 вода – 0,5

В 1 м³ раствора 1,5 вес.ч. составляют 1380 кг, из них:

портландцемент..... $\frac{0,75 \times 1380}{1,5} = 690,00$ кг

микросферы..... $\frac{0,25 \times 1380}{1,5} = 230,00$ кг

вода..... $\frac{0,6 \times 1380}{1,5} = 460,00$ кг

1.3. Выход раствора плотностью 1,38 г/см³ составит:

из 1 т. цемента 1000: 690,0 = 1,45 м³

из 1 т сухой смеси: 1000 : 920,00 = 1,05 м³

Пример 2. Расчет количества компонентов в 1 м³ облегченного тампонажного раствора (с добавкой микросфер стеклянных)

Тампонажный раствор плотностью 1450 г/см³ содержит следующее количество компонентов в весовых частях:

Вес компонентов:

тампонажный портландцемент – 0,94

микросферы – 0,6

Раствор CaC12

плотностью 1032 кг/м³ – 0,6х1032=619

при ж/с (отношение жидкости затворения к весу сухой смеси) 0,6.

Вес раствора: 940+60+619=1619 кг

Объем компонентов, м³

тампонажный портландцемент – 940:3100=0,3, где 3100 кг/м³ плотность сухого цемента;

микросферы – 60:300=0,2, где 300 кг/м³ плотность стеклянных микросфер.

Объем раствора CaC12 плотностью 1032 кг/м³ 0,6 м³

Объем раствора 0,3+0,2+0,6=1,1 м³

Для приготовления 1 м³ облегченного тампонажного раствора плотностью 1450 кг/м³ требуется:

портландцемент – 940 : 1,1 = 854,5 кг;

микросферы – 60 : 1,1 = 54,5 кг;

раствор CaC12 – 0,6 : 1,1 = 0,545 м³.

(плотностью 1032 кг/м3)

6.5 Методы определения показателей физико-механических свойств тампонажных растворов

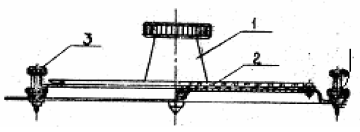
6.5.1. Определение растекаемости тампонажного раствора (ГОСТ 26798.1)

Растекаемость тампонажного раствора является показателем его прокачиваемости. В течение времени, пока тампонажный раствор закачивают в заданный интервал он должен оставаться легкоподвижным.

Средства контроля

Аппаратура: «конус» АзНИИ (рисунок. 9.1). Конус АзНИИ со-

стоит из усеченного конуса I, имеющего внутренний диаметр верхнего основания 37±0,5 мм, нижнего 70±0,5 мм, высоту 60±0,5 мм, объем – 120 см^3 и столика 2, на котором имеется шкала в виде концентрических окружностей с минимальным диаметром 70 мм. и максимальным не менее 250 мм. Цена деления шкалы должна быть не более 5 мм. Столик должен быть покрыт стеклом.



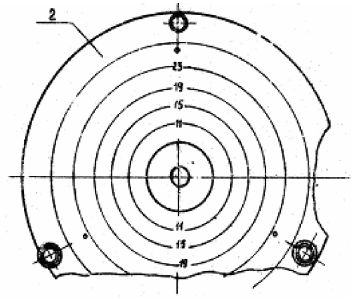


Рис.9.1. Конус АзНИИ
1– конус, 2 – диск со шкалой,
3 – установочный винт.

Подготовка и проведение испытания

Форму-конус устанавливают на стекло в центре измерительного столика таким образом, чтобы внутренняя окружность формы совпадала с начальной окружностью шкалы столика. Внутреннюю поверхность конуса и стекло перед испытанием протирают влажной тканью.

Готовят цементное тесто. Заполняют цементным тестом форму-конус до верхнего торца. Интервал времени от момента окончания перемешивания цементного теста до момента начала заполнения им формы-конуса не должен быть более 5 с. По окончании заполнения формы конуса избыток теста удаляют ножом, расположенным под небольшим углом к торцевой поверхности. Затем форму-конус резко поднимают в вертикальном направлении.

Диаметр растекания цементного теста измеряют линейкой или штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях результат округляют до 1 мм.

За растекаемость принимают среднеарефмитическое значение результатов двух измерений, расхождение между которыми не должно быть больше 10 мм.

Если для цементов типа III растекаемость получится менее 180 или более 220 мм, то испытание повторяют, соответственно увеличив или уменьшив В/Ц, до получения цементного теста с расплывом контура в пределах 180-220 мм.

6.5.2 Определение плотности цементного теста

Плотность цементного раствора является функцией плотностей сухого порошка, жидкости затворения (воды, раствора солей и т. д.) и водосодержания и может быть определена по формуле:

$$\rho_{ц.р} = ((1+В/Ц)\rho_ц\rho_ж)/\rho_ж+\rho_ц * В/Ц,$$

где $\rho_{ц.р}$ – плотность цементного раствора; $\rho_ц$ – плотность сухого порошка; $\rho_ж$ – плотность жидкости затворения; В/Ц – водо-цементное отношение.

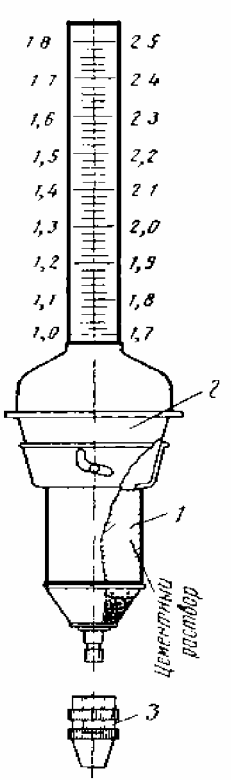


Рис.9.2. Ареометр АГ-2

Средства контроля

В промысловой практике для определения плотности тампонажного раствора используются ареометры. АГ–1, АГ–2, АГ–ЗПП (рисунок 9.2) и рычажные весы плотномер ВРП–1(рисунок 3). Прибор АГ–2 отличается от АГ–1 пределом измерения: одна шкала от 0,9 до 1,7 г/см^3, другая от 1,6 до 2,4 г/см^3. АГ–ЗПП отличается материалом. Он изготовлен из полиэтилена. При его использовании в результат измерения вносится поправка на плотность воды.

Ареометр АГ состоит из стакана I, поплавка с стержнем со шкалой 2 и груза 3. На стержне имеется две шкалы основная и поправочная, по которой определяют поправку в случае применения минерализованной воды. Прибор поставляют в комплекте с ведерком для воды.

Подготовка и проведение испытаний

Перед каждым замером проверяют прибор по воде. Приготовить тампонажный раствор заданного состава. Заполнить им стакан, тщательно обмыть снаружи, погрузить в ведро с водой, вращением согнать воздушные пузырьки и сделать отсчет плотности по основной шкале (по делению, до которого арео-

метр погрузился в воду). При плотности тампонажного раствора от 1000–1800 кг/м³ пользуются значениями основной шкалы, расположенной слева, при плотности тампонажного раствора более 1800 кг/м³ груз 3 снимают и пользуются значениями основной шкалы, расположенной справа. После окончания проведения испытаний прибор промыть и протереть насухо.

Рычажные весы-плотномер ВРП-1 состоят из стойки 8, подвижной части, включающей в себя рычаг 6, жестко закрепленный с мерным стаканом I, на который надевается крышка 2, призм 4 и 5, укрепленных на рычаге 6, подушки 3, соединяющей подвижную часть весов со стойкой двух измерительных шкал (верхней и нижней); замеры по верхней шкале осуществляются путем установки весов на правую призму и перемещения подвижного груза 7, замеры по нижней шкале осуществляются путем установки весов на правую призму и перемещения подвижного груза 7, замеры по нижней шкале осуществляются путем установки весов на левую призму и перемещения подвижного груза.

Подготовка и проведение испытания

Принцип работы ВРП–1 основан на уравновешивании моментов левой и правой сторон подвижной части весов относительно опоры на призмах.

Залить раствор в мерный стакан до верхней кромки и закрыть крышкой. Излишки раствора, вытекшие через специальное отверстие, удалить. Установить подвижную часть весов на стойке при помощи правой призмы. Передвигая вправо или влево подвижной груз, установить рычаг в положение равновесия и прочесть показания плотности раствора по верхней шкале. Если плот-

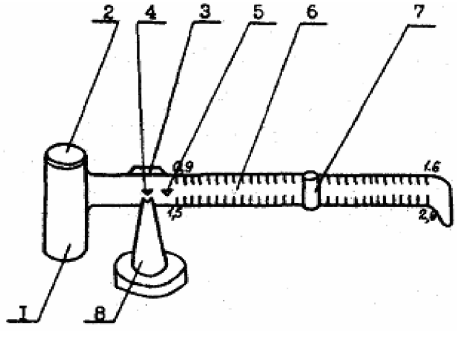


Рис. 9.3. Рычажные весы-плотномер ВРП-1

ность раствора окажется больше, чем предел измерения по верхней шкале, то подвижную часть весов необходимо переставить на левую призму и вести измерения по нижней шкале. После замера снять крышку и вылить раствор из стакана, промыть мерный стакан и крышку водой, протереть насухо.

Источником ошибок определения истинной плотности раствора может быть загрязнение воды (плотность воды в ведерке не должна отличаться более ±3 кг/м^3), вовлечение воздуха в цементный раствор при его приготовлении, неисправность прибора, пузырьки воздуха, задерживающиеся на торцовых поверхностях и углублениях в деталях прибора.

6.5.3. Определение сроков схватывания тампонажного раствора

О развитии процесса превращения тампонажного раствора в покое из жидкого состояния в твердое судят по срокам начала и конца схватывания.

Средства контроля

Прибор ВИКа (рисунок 9.4) состоит из металлического стержня, свободно перемещающегося в вертикальной обойме стойки. Для закрепления стержня на желаемой высоте имеется зажимной винт 2. В нижнюю часть стержня ввинчивается стальная игла 3 диаметром 1,1 мм и длиной 50 мм. Вес стержня должен быть равен 300±2 г. На станине укреплены шкала 4 с делениями от 0 до 40 мм. Коническое кольцо 5 для цементного раствора имеет внутренний диаметр верхнего основания 65±5 мм, нижнего – 75+5 мм, высоту 40±0.5 мм. Под кольцо подкладывается пластинка, сверху кольцо также накрывается пластинкой.

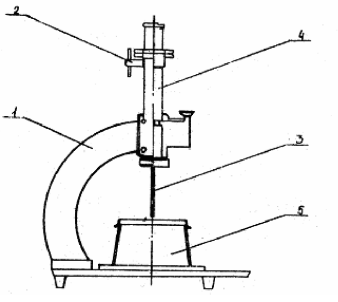


Рис. 9.4. Прибор ВИКа
1 – стойка, 2 – винт, 3 – игла, 4 – шкала, 5 – конус.

По мере роста прочности структуры раствора, сопротивление погружению иглы в него возрастает и наступает мо-

мент, когда игла не в состоянии погрузиться. Время, прошедшее от момента затворения тампонажного раствора до момента, когда игла, погружаясь в раствор, не доходит на 1–2 мм до основания формы, условно называют началом схватывания.

Время, прошедшее от момента затворения тампонажного цемента до момента, когда игла погружается в образец не более чем на 1 мм, условно называют концом схватывания. За момент затворения принимается момент ввода воды в цемент.

Подготовка и проведение испытания

Принцип метода заключается в том, что в исследуемый цементный раствор с заданной постоянной высоты периодически погружают иглу определенной массы и диаметра.

Порядок проведения испытаний:

– рабочие поверхности кольца ВИКа и подставки смачивают маслом для уменьшения адгезии тампонажного камня;

– приготовить раствор и заполнить кольцо ВИКа доверху. Отметить по часам время момента ввода воды в цемент, через некоторое время снять насадку с кольца и срезать избыток раствора вровень с краями кольца. Накрыть кольцо пластинкой;

– первый замер производят по истечении запланированного времени. Перед погружением нижний торец иглы устанавливают на одной высоте с верхним уровнем образца раствора.

Опустив стопор, дают возможность игле свободно погружаться в образец, наблюдая по шкале, на сколько миллиметров она не достигла основания. Погружение повторяют дважды, занося в журнал среднее арифметическое значение и время замера. В процессе опыта следует оберегать образец от толчков, а иглу от искривления.

После каждого погружения иглу протирают досуха, погружают ее каждый раз в новое место на одинаковом расстоянии от стенки кольца.

Интервалы между последующими замерами зависят от интенсивности структурообразования. Чем больше разница

между смежными результатами измерений, тем короче должен быть интервал времени между замерами.

Если время начала и конца схватывания не зафиксировано, то оно определяется экстраполяцией по полученным результатам.

6.5.4. Измерения консистенции и срока загустевания цементного раствора

Консистенция тампонажного раствора, также как и растекаемость, является показателем подвижности тампонажного раствора. По консистенции судят о возможности прокачивания тампонажного раствора в заданный интервал при креплении скважин.

Средства контроля

Требования ГОСТ 26798.1-96 и 26798.2-96

Консистометр, работающий при атмосферном давлении для испытания цементов, предназначенных для низких, нормальных и умеренных температур (КЦ-5). Консистометр представляет собой герметичную камеру, в которую помещен цилиндрический контейнер для цементного теста с лопастным перемешивающим устройством. Пространство между контейнером и стенками камеры должно быть заполнено маслом вязкостью от 5 до 100 Вс.

Консистометр, работающий при повышенном давлении, для испытания цементов, предназначенных для повышенных температур (КЦ-3, КЦ-4). Допускается применение данного консистометра для испытаний цементов, предназначенных для низких, нормальных и умеренных температур, эксплуатируемого в данном случае при атмосферном давлении.

Частота вращения консистометров должна быть (150±5) об/мин. Консистометры должны быть откалиброваны в соответствии с инструкцией к прибору.

Консистометр КЦ-5 представляет собой своеобразную механическую мешалку (рисунок 9.5), состоит из стакана для цементного раствора 1 приводимого во вращение электродвигателем 3 и рамки с полостями 2, помещаемой внутрь стакана. При вращении стакана, заполненного цементным раство-

Содержание

Глава IX
РАЗОБЩЕНИЕ
ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ
(ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ СКВАЖИН) 4

§ 1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА
ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ 4

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТАМПОНАЖНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПО ГОСТУ 1581-96 5

§ 3. ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ 1581-96
К ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ
ТАМПОНАЖНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, РАСТВОРУ
И СФОРМИРОВАННОМУ НА ЕГО ОСНОВЕ КАМНЮ 7

§ 4. ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМРЕАГЕНТЫ
СОГЛАСНО КЛАССИФИКАЦИИ API 9

§ 5. СТАНДАРТЫ ДЛЯ ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТОВ 11

§ 6. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ТАМПОНАЖНЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ 11

6.1. Требования техники безопасности при
работе с тампонажными портландцементами 12
6.2. Общие указания к выполнению
лабораторных работ 13
6.3. Приготовление цементного теста 14

6.4. Расчет количества компонентов в 1 м3 облегченного тампонажного раствора и выхода раствора из 1 т цемента или 1 т сухой смеси цемента 16
6.5 Методы определения показателей физико-механических свойств тампонажных растворов 17

§ 7. ТАМПОНАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН 35

§ 8. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВВОДИМЫХ В ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР РЕАГЕНТОВ 44

§ 9. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, ВВОДИМЫХ В ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕГО ПЛОТНОСТИ 56

§ 10. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, ВВОДИМЫХ В ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОНТАКТА В СИСТЕМЕ ГОРНАЯ ПОРОДА – ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ – ОБСАДНАЯ КОЛОННА 91

§ 11. ВЫБОР ЖИДКОСТИ ЗАТВОРЕНИЯ 98

§ 12. ВЫБОР БУФЕРНОЙ ЖИДКОСТИ 98

§ 13. ОБОСНОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА 99

§ 14. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ 105

14.1. Определение потребного объема материалов для приготовления тампонажного раствора 105

14.2. Определение необходимого объема продавочной жидкости 107
14.3. Выбор оборудования для цементирования скважин 107
14.4. Обоснование режимно-технологических параметров процесса цементирования 117

§ 15. ОСОБЕННОСТИ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 122

Глава X
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН 143

§ 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН 143

1.1. Электрические методы 144
1.2. Радиоактивные методы 146
1.3. Акустический метод 147
1.4. Газометрия скважин (Газовый каротаж) 147
1.5. Термические методы 148

§ 2. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОФИЛЕМ СТВОЛА СКВАЖИНЫ 148

§ 3. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН 149

3.1. Бескабельные технологические комплексы 149
3.2. Телеметрические системы с электропроводным каналом связи 155
3.3. Телесистемы с гидравлическим каналом связи ... 161
3.4. Телеметрические системы с электромагнитным

каналом связи 166
3.5. Нестандартные методы геофизических исследований 167

Глава XI
ОБОРУДОВАНИЕ УСТЬЯ СКВАЖИН 168

§ 1. ОБОРУДОВАНИЕ УСТЬЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН 168

§ 2 ПРОТИВОВЫБРОСОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ..... 176

Глава XII
АВАРИИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН, ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ 186

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ БРАКА В БУРЕНИИ ПО ВИДАМ 186

§ 2. ИНСТРУМЕНТ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ БРАКА В БУРЕНИИ 192

2.1. Резьбонарезные соединительные аварийные инструменты 192
2.2. Комплектующие изделия для ловильных инструментов 201
2.3. Фрезеры 203
2.4. Труболовки 218
2.5. Наружные ловители труб освобождающиеся 222
2.6. Овершоты 226
2.7. Труборезки 230
2.8. Ловильный инструмент для извлечения турбобуров 233
2.9. Устройство очистки забоя скважины УОЗС-118 234
2.10. Устройства для ликвидации прихватов 237
2.11. Инструменты для ликвидации аварий 245

2.12. Скребки 250
2.13. Печати свинцовые 251
2.14 Устройства для вырезания окон в колонне 252
2.15. Оправка для ремонта обсадных труб моделей «W» фирмы «Х-И» 254

§ 3. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ БРАКА, МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ БРАКА 255

§ 4. РЕКОМЕНДАЦИИ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ РАБОТ ПО ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ В БУРЕНИИ 258

§ 5. ТИПОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ УСТРАНЕНИИ БРАКА В БУРЕНИИ 261

5.1. Определение верхней границы прихвата колонны труб 261
5.2. Расчет ванны 264

§ 6. ПОРЯДОК РАССЛЕДОВАНИЯ БРАКА В БУРЕНИИ 265

§ 7. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКА В БУРЕНИИ 267

Глава XIII
ЗАБУРИВАНИЕ БОКОВЫХ СТВОЛОВ 270

§ 1. ЗАБУРИВАНИЕ ВТОРОГО СТВОЛА С ПОМОЩЬЮ ТУРБИННЫХ ОТКЛОНИТЕЛЕЙ В ИНТЕРВАЛЕ ВЫРЕЗАННОГО УЧАСТКА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ 271

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРЕЗКИ УЧАСТКА ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ 276

§ 3. ЗАБУРИВАНИЕ ВТОРОГО СТВОЛА С ПОМОЩЬЮ СТАЦИОНАРНОГО КЛИНОВОГО ОТКЛОНИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ЩЕЛЕВИДНОЕ ОКНО В ОБСАДНОЙ КОЛОННЕ ... 280

Глава XIV
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ БУРЕНИЯ 287

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 287

§ 2. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РЕЖИМОВ БУРЕНИЯ 288

§ 3. ВЫБОР ТИПА ДОЛОТА 291

§ 4. ОСЕВЫЕ УСИЛИЯ НА СТАТОР
И РОТОР ТУРБОБУРА 292

§ 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ
НА ЗАБОЙ СКВАЖИН 295

5.1. Осевая нагрузка G3 для объемного
разрушения породы. 295

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА
ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ 299

§ 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ
ВРАЩЕНИЯ ДОЛОТА. 302

§ 8. РАСЧЕТ ДИАМЕТРА НАСАДОК ДЛЯ
ПРОМЫВОЧНОГО УЗЛА ДОЛОТА 306

§ 9. РАСЧЕТ МОЩНОСТЕЙ, РАСХОДУЕМЫХ
НА ЗАБОЕ СКВАЖИН 308

§ 10. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ
НА ЗАБОЙ И СПОСОБА БУРЕНИЯ 311

Глава XV
ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН
В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 313

§ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВОДКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО УЧАСТКА 313

1.2. Технология искусственного отклонения скважины. 315
1.3. Искривление скважины турбинными отклонителями. 318
1.4. Расчеты профиля. 321
1.5. S-образные виды профиля. 323

§ 2. ОСОБЕННОСТИ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН 326

2.1. Профиль горизонтальной скважины 326
2.2. Расчет профиля горизонтальной скважины. 329

§ 3. ОСОБЕННОСТИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В ИНТЕРВАЛАХ ЗАЛЕГАНИЯ МЕРЗЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗОНАХ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ. ЛИКВИДАЦИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ. 332

3.1. Ликвидация осложнений 334
3.2. Зоны возможных осложнений при строительстве скважин 340
3.3. Мероприятия по предотвращению осложнений, связанных с нарушением устойчивости ствола скважины 342
3.4. Мероприятия по восстановлению осложненного ствола скважины и по предупреждению самопроизвольного забуривания нового ствола 344

§ 4. ВСКРЫТИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ 346

4.1. Технология вскрытия продуктивных горизонтов .. 346
4.2. Основные признаки ГНВП. Мероприятия по предупреждению газонефтеводопроявлений 347

Глава XVI
БУРЕНИЕ СКВАЖИН НА МОРСКИХ И
ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ 352

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ
МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ 352

1.1. Ресурсы нефти и газа мирового океана 352
1.2. Экономическая эффективность разработки
морских нефтегазовых месторождений 355

§ 2. ОСВОЕНИЕ И ОБУСТРОЙСТВО МОРСКИХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ 356

2.1. Особенности разработки морских
нефтяных и газовых месторождений 356
2.2. Современное техническое
состояние разработки и эксплуатации
нефтяных месторождений континентального
шельфа 358
2.3. Основные виды технических средств для
освоения морских месторождений нефти и газа 364
2.4. Окружающая среда и ее влияние
на производство работ 365
2.5. Основные понятия об элементах
гидрологического режима 366
2.6. Инженерные изыскания 370

§ 3. ПЛАВУЧИЕ БУРОВЫЕ СРЕДСТВА 372

3.1. Плавучие буровые средства (ПБС).
Классы и типы ПБС, условия их применения 372
3.2. Самоподъемные плавучие буровые
установки (СПБУ). 374
3.3. Полупогружные плавучие буровые
установки (ППБУ). Назначение, типы,

оборудование, особенности эксплуатации 380
3.4. Буровые суда (БС). Назначение,
особенности конструкции и эксплуатации 387
3.5. Компенсатор вертикальных перемещений 392
3.6. Краткие сведения о нагрузках на ПБС 395
3.6.1. Расчетные режимы (состояния)
эксплуатации ПБС 395
3.6.2. Нагрузки, действующие на ПБС 396
3.7. Буровые вышки морских плавсредств 398
3.8. Подводное устьевое оборудование (ПУО) 401
3.9. Системы удержания плавучих буровых
средств (ПБС) на точке бурения 408

§ 4. МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПЛАТФОРМЫ 413

4.1. Методы разработки морских
месторождений 413
4.2. Особенности бурения скважин с МСП 417
4.3. Основные этапы и тенденции развития
конструкций МСП 420
4.4. Типы МСП, их классификация 422
4.5. Жесткие МСП 425
4.5.1. Свайные МСП 425
4.5.2. Гравитационные МСП (ГМСП) 426
4.5.3. Гравитационно-свайные МСП (ГСМСП) 430
4.6. Упругие МСП 430
4.7. Полупогружные платформы с
натяжными опорами (ППНО) 432
4.8. МСП для работы в северных и
арктических условиях 433
4.9. Технология строительства МСП 437
4.10. Сооружение МСП в море 440
4.11. Монтаж оборудования на МСП 444

§ 5. СПОСОБЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НЕФТИ И ГАЗА И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ
МОРСКИХ ПРОМЫСЛОВ 446

5.1. Надземные промыслы 448
5.1.1. Бурение наклонных скважин с берега 448
5.1.2. Способ засыпки дна моря 449
5.1.3. Осушение дна моря на
нефтегазоносном участке 450
5.2. Надводные промыслы 451
5.2.1. Эстакады с приэстакадными
площадками 451
5.2.2. Стационарные платформы 454
5.3. Подводные промыслы 456
5.3.1. Технические решения по конструкциям
систем подводной добычи 462
5.3.2. Глубоководные скважины-сателлиты 466
5.3.3. Мелководные скважины-сателлиты 467
5.3.4. Вариант с несколькими скважинами-
спутниками, подводные кустовые скважины 467
5.3.5. Трубопроводные системы сбора и
транспортирования продукции скважин 473
5.4. Подземные шахтно-тоннельные способы 473
5.5. Комбинированные виды морских промыслов 479

§ 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА
СКВАЖИН В МОРЕ 480

6.1. Капитальные вложения и их структура 480
6.2. Рентабельность освоения морских
месторождений 486
§ 7. Охрана окружающей среды при
эксплуатации шельфовых месторождений 489
7.1. Общие сведения об охране 489
окружающей среды 489
7.2. Классификация загрязнителей водной
и воздушной среды 490
7.2.1. Охрана окружающей среды при бурении
морских скважин 492
7.2.2. Охрана окружающей среды при

опробовании и освоении морских скважин 493
7.2.3. Охрана окружающей среды
при эксплуатации морских скважин 494
7.3. Локализация и ликвидация нефти и
нефтепродуктов с водной поверхности 495

§ 8. СТРАТЕГИЯ И СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ
И ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
НЕФТИ И ГАЗА РОССИИ 499

8.1. Освоение ресурсов Баренцева,
Карского и Охотского морей 502
8.1.1. Баренцево море 502
8.1.2. Карское море 505
8.1.3. Охотское море 506
8.2. Определение технической доступности
нефтегазоносных зон морей 511

ЕДИНЫЙ ТАРИФНО-КВАЛИФИКАЦИОННЫЙ
СПРАВОЧНИК РАБОТ И ПРОФЕССИЙ
РАБОЧИХ 521

Тарифно-квалификационные
характеристики 522

1. Бурильщик эксплуатационного и разведочного
бурения скважин на нефть и газ 523

2. Вышкомонтажник 525

3. Вышкомонтажник 526

4. Вышкомонтажник 527

5. Вышкомонтажник 527

6. Вышкомонтажник 528

7. Вышкомонтажник-сварщик 529

8. Вышкомонтажник-сварщик 530

9. Вышкомонтажник-сварщик 530

10. Вышкомонтажник-сварщик 531

11. Вышкомонтажник-электромонтер 532

12. Вышкомонтажник-электромонтер 532

13. Вышкомонтажник-электромонтер 533

14. Лаборант-коллектор 534

15. Лаборант-коллектор 535

16. Машинист буровых установок на нефть и газ 535

17. Машинист подъемника по опробованию скважин 536

18. Машинист по цементажу скважин 537

19. Моторист буровой установки 538

20. Моторист буровой установки 539

21. Моторист цементировочного агрегата 540

22. Моторист цементно-пескосмесительного агрегата 540

23. Оператор по опробованию (испытанию) скважин . 541

24. Оператор по опробованию (испытанию) скважин . 542

25. Оператор по цементажу скважин 543

26. Оператор по цементажу скважин 543

27. Оператор по цементажу скважин 544

28. Оператор-моторист станции контроля цементажа 544

29. Опрессовщик труб 545

30. Помощник бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения скважин на нефть и газ (первый) 546

31. Помощник бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения скважин на нефть и газ (второй) 547

32. Помощник бурильщика эксплуатационного и разведочного бурения скважин при электробурении 548

33. Приготовитель бурового раствора 550

34. Приготовитель бурового раствора 550

35. Слесарь по обслуживанию буровых 551

36. Установщик бурильных замков 551

37. Электромонтер по обслуживанию буровых 552

Список использованной и рекомендуемой литературы 558

ПРИЛОЖЕНИЯ 566