

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел № 1	
«Основы технологии бурения нефтяных и газовых скважин».....	4
Раздел № 2	
«Буровые растворы».....	10
Раздел № 3	
«Измерение свойств тампонажных суспензий и камня».....	46
Раздел № 4 «Оценка кольматирующих свойств буровых растворов на продуктивный пласт»	
(«Сохранение коллекторских свойств пласта при заканчивании скважины»).....	80

РАЗДЕЛ № 1

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Цель работы: изучение геологических и технико-технологических показателей строительства скважины.

На строительство скважины разрабатывается технический проект, который является основным документом. Он отражает геологию района, технологию проводки скважины и техническое оснащение буровой. Технический проект составляется для отдельных скважин (называется индивидуальный) или группы скважин (называется групповой).

К техническому проекту прилагается геолого-технический наряд (ГТН). ГТН – это оперативный план работы буровой бригады, которым руководствуются в процессе бурения скважины. ГТН состоит из геологической и технической (технологической) частей (рис. 1).

При составлении геолого-технического наряда исходными являются следующие данные:

- категория скважины (поисковая, разведочная, эксплуатационная);
- цель бурения (поиски газонефтеносных горизонтов, оконтуривание вскрытых горизонтов, эксплуатация какого-либо определенного горизонта);
- проектный геологический разрез;
- проектные глубины;
- конструкция скважины.

В геологической части ГТН в виде колонки изображается графически геологический разрез пород с использованием условных обозначений, для указания их литологического состава, приводится стратиграфия, определяющая возраст горных пород. Приводятся сведения о крепости пород (мягкие, средние, твердые, крепкие, очень крепкие) или категории буримости горных пород. Указываются глубины возможных осложнений в процессе бурения: осыпей и

обвалов неустойчивых пород, поглощений промывочной жидкости, газо-нефте-водопроявлений. Приводится подробный перечень всех обязательных геофизических исследований в процессе бурения данной скважины. Указываются пластовые давления и температуры пластов.

Кроме этого, могут быть указаны интервалы бурения с отбором керна, интервалы, против которых перфорируют эксплуатационную колонну, угол (предполагаемый) падения пород. При бурении данные геологической части ГТН уточняются.

В технической (технологической) части ГТН изображают схематически конструкцию скважины. Под конструкцией скважины понимают совокупность данных о диаметре, глубине спуска, количестве обсадных колонн, спущенных в скважину, и высоте подъема цементного раствора за этими колоннами. В скважину спускают обсадные колонны определенного назначения: направление, кондуктор, промежуточные (технические) колонны (их может быть несколько) и эксплуатационную колонну.

Кольцевое пространство за направлением и кондуктором заполняют тампонажным раствором до устья, в технических и эксплуатационной колоннах в газовых и разведочных скважинах заполняют до устья, а в нефтяных скважинах либо до устья, либо с перекрытием башмака предыдущей колонны не менее, чем на 150 м.

Конструкция скважины выбирается с учетом особенностей геологического разреза, уровня применяемой техники и технологии бурения, получения высоких скоростей бурения, обеспечения надежности и герметичности скважины, и ее эффективной и длительной эксплуатации. Приводятся методы испытания обсадных колонн.

Затем в технической части ГТН по интервалам бурения указывается:

а) тип и размер долот, количество долот, необходимое для бурения данного интервала;

б) способ бурения, при турбинном бурении указывается тип и размер турбобура и винтового забойного двигателя;

в) параметры режима бурения:

- осевая нагрузка на долото;

- частота вращения долота;

- расход промывочной жидкости;

- качество (параметры) промывочной жидкости (плотность, условная вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, величина водородного показателя рН, содержание твердой фазы в буровом растворе, содержание шлама), указываются химические реагенты, используемые для регулирования свойств промывочной жидкости;

г) оснастка талевой системы;

д) скорость подъема бурильной колонны, т.е. количество свечей бурильной колонны, поднимаемых на разных скоростях передачи лебедки;

е) способы вскрытия продуктивных пластов (тип заканчивания скважины) (открытым забоем, перфорацией) с методами их опробования.

Скорость бурения скважины во многом зависит от режима бурения и его параметров, которые влияют на показатели работы долот.

Режимом бурения называется совокупность факторов, которые влияют на эффективность разрушения горной породы и интенсивность износа долот, и которые можно изменять с пульта бурильщика в процессе работы долота на забое, а сами факторы называются параметрами режима бурения.

Различают следующие виды режима бурения: оптимальный, специальный и скоростной.

Оптимальный режим бурения – это такое сочетание параметров режима бурения, при котором обеспечивается получение наилучших показателей работы долот.

Специальный режим – это такой режим, при котором решаются специальные задачи. Критерием при выборе сочетаний его параметров является не достижение наивысших показателей работы долот, а, например: наиболее полный отбор керна и его сохранность, предотвращение искривления скважины

или обеспечение заданной интенсивности искривления ствола скважины в определенном направлении при наклонно-направленном бурении и т.д.

Скоростной – это такой режим, при котором высокая скорость бурения достигается при заданных параметрах режима бурения не ограниченных техническими возможностями бурового оборудования и инструмента.

Об эффективности работы долот судят по нескольким показателям:

- проходка на долото (м);
- механическая скорость бурения (м/ч);
- рейсовая скорость бурения (м/ч).

Проходка на долото – это число метров, пробуренных от начала разрушения породы до момента подъема долота с забоя.

Механическая скорость бурения характеризует интенсивность разрушения породы долотом и определяется числом метров, пробуренных за единицу времени взаимодействия долота с породой:

$$g_m = \frac{H}{t_{м.б.}}$$

где H – проходка на долото, м;

$t_{м.б.}$ – время механического бурения данным долотом, ч.

Рейсовая скорость – это скорость углубления скважины с учетом затрат времени не только на разрушение породы, но и на спуско-подъемные операции и вспомогательные работы в течение этого рейса:

$$g_p = \frac{H}{t_{м.б.} + t_{сп} + t_{сд} + t_n + t_{пп}}$$

где H – проходка на долото, м;

$t_{м.б.}$ – время механического бурения данным долотом, ч;

$t_{сп}$ – время спуска и подъема инструмента, ч;

$t_{сд}$ – время смены долота, ч;

t_n – время наращивания инструмента, ч;

$t_{пп}$ – время промывки и проработки (ствола) призабойного интервала скважины, ч.

Тщательное соблюдение геолого-технического наряда способствует не только быстрой и безаварийной работе буровой, но и увеличению эффективности результатов бурения скважины.

Тема: Изучение геолого-технического наряда

Описание лабораторной установки

Геолого-технический наряд на бурение скважины (рис 1.1)

Порядок выполнения работы

1. Изучите теоретическую часть: составные разделы ГТН, материалы (данные) геологические и технико-технологические, необходимые для бурения скважины, основные показатели бурения.
2. Изобразите ГТН на бурение скважины.

Содержание отчета

1. Изображение геолого-технического наряда.
2. Понятие о конструкции скважины.
3. Понятие о режиме бурения, виды режимов бурения, параметры режима бурения.
4. Характеристика показателей работы долот.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение геолого-технического наряда.
2. Основные показатели, отражающиеся в ГТН.
3. Что понимается под конструкцией скважины?
4. Что называется режимом бурения, параметры режима бурения?
5. Какими показателями характеризуется работа долот?

РАЗДЕЛ № 2

ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

Цель работы: изучение свойств промывочной жидкости.

В процессе бурения нефтяных и газовых скважин между забоем скважины и дневной поверхностью (устьем скважины) должна циркулировать промывочная жидкость или находиться газообразные агенты.

Основные функции промывочных жидкостей

1 - удалять с забоя частицы разбуриваемых пород и выносить их на дневную поверхность;

2 - охлаждать и смазывать трущиеся элементы долот, забойных двигателей, бурильной колонны;

3 - укреплять (глинизировать) неустойчивые породы на стенках скважины;

4 - создавать противодействие на разбуриваемые пласты, достаточное для предотвращения поступления пластовых флюидов в скважину;

5 - удерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии;

6 - передавать гидравлическую мощность от насосов забойному двигателю (при турбинном бурении);

7 - способствовать сохранению естественных коллекторских свойств продуктивных пластов в скважине.

Кроме того, буровой раствор должен обладать следующими качествами:

1. Легко освобождаются от частичек выбуренной породы в очистных устройствах.

2. Допускать проведение геофизических исследований в скважине.

3. Легко прокачиваться буровыми насосами, т.е. быть подвижным.

4. Буровой раствор не должен вызывать коррозию оборудования и буровой колонны.

В связи с различными условиями бурения: высокие температуры, давления, наличие солевых отложений, присутствие минерализованных пластовых вод, существует необходимость разрабатывать разные виды буровых растворов.

Классификация промывочных жидкостей

Рассмотрим классификацию буровых растворов по составу дисперсионной среды и дисперсной фазы.

1. Буровые растворы на водной основе (пресной или минерализованной).

Если основной компонент дисперсной фазы глина, то растворы называются глинистые.

Глинистые растворы могут быть естественные и искусственные:

- а) необработанные химическими реагентами;
- б) обработанные химическими реагентами:
 - без дополнительных компонентов дисперсной фазы;
 - утяжеленные;
 - эмульсионные.

Если основной компонент дисперсной фазы карбонатный или сульфатный, то растворы называются естественные водные растворы. К ним относятся:

- а) естественные карбонатные растворы:
 - грубые водные (свободно-дисперсные) суспензии;
 - обработанные химическими реагентами;
- б) естественные сульфатные растворы:
 - грубые водные суспензии;
 - обработанные химическими реагентами.

Если основной компонент дисперсной фазы конденсирован из растворов солей, то растворы называются - буровые растворы с конденсированной твердой фазой.

Буровые растворы на водной основе могут быть азрированные.

2. Буровые растворы на неводной основе.

Основной компонент дисперсной фазы - продукты переработки нефти (битум, асфальты). Такие растворы называются буровые растворы на нефтяной основе (обращенные эмульсионные растворы). Нефтяной основой может быть нефть, дизельное топливо.

3. Рабочие агенты с газообразной дисперсионной средой.

К ним относятся дисперсные системы:

а) естественного газа (природный);

б) воздуха (от компрессоров);

в) выхлопного газа (от двигателей внутреннего сгорания).

Естественные глинистые растворы образуются в скважине при разбуривании глинистых отложений с промывкой забоя водой. Естественные водные суспензии образуются в скважине в процессе бурения карбонатных или сульфатных пород с промывкой забоя водой (известняка, доломита, ангидрита, гипса и др. пород).

Искусственные глинистые растворы приготавливают из глинопорошков или комовой глины с помощью специальных механизмов.

Свойства промывочных растворов

1. Плотность - это масса единицы объема. Она влияет на величину гидростатического давления столба промывочной жидкости на стенки скважины и забой.

При наличии в разрезе водо-газо-нефтепроявляющих пластов обычно давление бурового раствора в скважине поддерживают несколько большим пластового с тем, чтобы предотвратить поступление пластовых флюидов в скважину. Иногда плотность увеличивают для предупреждения обвалообразований.

При поглощениях бурового раствора плотность его уменьшают для снижения давления на забое.

Определяется плотность из условий создания противодействия на пласт по формуле:

$$\rho = K \cdot \frac{P_{пл} \cdot 10^6}{g \cdot L_n};$$

где ρ - плотность бурового раствора, кг/м³;

K - коэффициент повышения давления в скважине в зависимости от глубины;

$P_{пл}$ - пластовое давление, МПа;

g - ускорение силы тяжести, м/с²;

$L_{пл}$ - кровля пласта, м.

Измеряется плотность бурового раствора с помощью ареометра или пикнометра в г/см³ или кг/м³.

2. Реологические свойства т.е. свойства, связанные с сопротивлением деформированию и течению.

Характеризуются вязкостью, статическим и динамическим напряжением сдвига.

Вязкость характеризует прокачиваемость буровых растворов и обусловлена внутренним трением в них. При бурении следует поддерживать минимально необходимую вязкость раствора.

При излишне высокой вязкости, вследствие больших гидравлических сопротивлений в кольцевом пространстве, возможны раскрытие трещин в слабых пластах (гидроразрыв) и поглощения промывочной жидкости, хуже очищается раствор от шлама и газа; увеличивается давление на забой; снижаются подача бурового насоса и мощность турбобура; хуже охлаждается долото. Но, раствор с повышенной вязкостью поглощается менее интенсивно, выносит шлам при меньшей скорости восходящего потока.

Обычно измеряют динамическую, пластическую и условную вязкость. Динамическая и пластическая вязкость определяется с помощью ротационного

вискозиметра (ВСН - 3), Па·с, условная вязкость замеряется полевым вискозиметром СПВ - 5, ВБР- 1, с.

Глинистые растворы обладают способностью образовывать структуру в состоянии покоя и переходить в подвижное состояние при перемешивании.

Для характеристики прочности структуры в покое и при движении приняты два показателя: статическое напряжение сдвига (СНС) и динамическое напряжение сдвига (ДНС).

СНС - это максимальное касательное напряжение, которое возникает в глинистом растворе в момент начала его движения. Измеряют СНС через 1 и 10 минут покоя раствора, Па или дПа.

ДНС - условная величина, характеризующая предел текучести в потоке бурового раствора, Па или дПа.

Динамическое и статическое напряжение сдвига определяют на ротационном вискозиметре ВСН - 3. СНС еще замеряют на приборе СНС- 2.

В связи с различными условиями проводки глубоких скважин, к реологическим свойствам предъявляются разные требования. Так, с увеличением реологических параметров возрастают гидравлические сопротивления. Это приводит к большим давлениям на буровых насосах, особенно при турбинном бурении. Поэтому следует снизить и довести до нормальной величины эти параметры.

С повышением статического напряжения сдвига увеличивается удерживающая способность глинистого раствора и уменьшается уход промывочной жидкости в зонах поглощения. При электрометрических работах нежелательна большая величина СНС, поскольку затрудняется спуск замеряющих устройств в скважину.

Высокие значения СНС ухудшают очистку бурового раствора от выбуренной породы. Высокая прочность структуры раствора снижает степень очистки промывочной жидкостью.

Промывочная жидкость должна обладать способностью образовывать структуру с минимальной прочностью, достаточной для удержания частиц

выбуренной породы и утяжелитель во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции раствора.

3. Фильтрационные свойства, т. е. свойства, связанные с проникновением дисперсионной жидкой среды растворов в контактирующие с ним горные породы и образованием фильтрационной корки на стенках скважины из веществ твердой фазы растворов.

Для характеристики этих свойств измеряют водоотдачу и толщину фильтрационной корки.

Водоотдача характеризует способность бурового раствора отдавать воду в пласт под действием перепада давления. Замеряют водоотдачу на приборе-водоотдачнике ВМ - 6. Определяют объем выделившейся воды за 30 мин. в см³.

Различают 3 вида фильтрации бурового раствора.

1. Призабойная фильтрация приурочена к призабойной зоне. Вследствие работы долота происходит уменьшение величины фильтрационной корки и может произойти почти полное ее разрушение. Поэтому фильтрация в этой зоне характеризуется наибольшей водоотдачей и наименьшей толщиной корки.

2. Статическая фильтрация происходит при остановке циркуляции бурового раствора. Например, при смене долота. Корка в этом случае имеет наибольшую толщину. Вследствие этого фильтрация, происходящая после сформирования корки, заметно замедляется. Водоотдача получается наименьшей.

3. Динамическая фильтрация происходит в процессе циркуляции промывочной жидкости. В этом случае происходит гидродинамическая эрозия корки. Величина водоотдачи и толщины корки занимает промежуточное положение между первыми двумя видами.

Величина водоотдачи и корки зависит от ряда факторов, в том числе, от качества бурового раствора. Решающее влияние оказывает степень дисперсности глинистых частиц в растворе. Чем она выше, тем плотнее

укладываются частицы фильтрационной корки и тем меньше отверстия для фильтрации воды. В итоге водоотдача уменьшается.

Увеличение степени дисперсности повышает гидратацию частиц твердой фазы, что способствует уменьшению водоотдачи.

Фильтрация увеличивается при увеличении разности давлений гидростатического в скважине и пластового.

При увеличении температуры водоотдача и толщина корки увеличиваются.

Большая величина водоотдачи бурового раствора вызывает ряд негативных последствий:

а) при бурении в слабосцементированных породах вода способствует их осыпанию и обваливанию. В соляных отложениях вода увеличивает размыв и растворение соли, образуя пустоты, каверны;

б) большая фильтрация в продуктивном горизонте может резко снизить возможные дебиты нефти и газа. Вода проникает в пласт и создает дополнительные трудности продвижения нефти или газа к забою. В результате чего увеличиваются сроки освоения скважины и уменьшается дебит нефти (газа);

в) при большой водоотдаче на стенках скважины отлагается толстая липкая фильтрационная корка. Толстая липкая корка уменьшает диаметр скважины и значительно увеличивает опасность прихвата бурильного инструмента.

Прихват может привести к тяжелой аварии. При спуске и подъеме толстая рыхлая корка может быть причиной длительных проработок ствола скважины. Налипшая на бурильный инструмент (долото, турбобур, УБТ, замки бурильных труб) корка может действовать при подъеме инструмента как поршень и создавать в скважине условия, вызывающие осыпи и обвалы неустойчивых пород. Также может создавать условия для поступления из пласта в скважину газа, нефти и воды, и увеличивать возможность газонефтеводяного выброса.

Толстая глинистая корка отрицательно влияет на качество цементирования скважины, препятствуя прочному сцеплению цементного камня с горной породой.

4. Кинетическая устойчивость. Под действием гравитационного поля, т.е. Земного притяжения частицы глинистого раствора достаточно большой массы оседают или седиментируют. В растворе устанавливается определенное равновесное распределение частиц по высоте. Наиболее крупные частицы выпадают в осадок.

Способность глинистого раствора сохранять равномерное распределение частиц по всему объему называется седиментационной или кинетической устойчивостью.

Если буровой раствор кинетически неустойчивый, то при остановке циркуляции в нижней части скважины скапливается большая часть твердых частиц раствора. В результате чего тратится много времени на выравнивание раствора перед началом бурения. Кроме того, повышается вероятность затяжек и прихватов бурильного инструмента.

Кинетическая устойчивость промывочной жидкости повышается с увеличением степени дисперсности частиц и тиксотропных свойств раствора. С этой целью производят тщательное диспергирование частиц в растворе в процессе его приготовления. Используют высококачественные коллоидные глины. Осуществляют необходимую химическую обработку для усиления пептизации и структурных свойств промывочной жидкости.

Воздействие на буровой раствор должно идти до определенного предела обусловленного условиями бурения. Излишек измельченных глинистых частиц и чрезмерное усиление структурных свойств может привести к резкому увеличению вязкости раствора, особенно после нахождения его в состоянии покоя (смена долота).

В бурении принято определять кинетическую устойчивость глинистого раствора двумя показателями: суточным отстоем и стабильностью.

Отстой определяется по количеству воды выделившейся из бурового раствора при суточном хранении раствора в мерном цилиндре. Определяется в процентах. Он позволяет в известной мере оценить количество свободной воды в глинистом растворе. С увеличением суточного отстоя количество свободной воды увеличивается, а качество раствора ухудшается.

Стабильность непосредственно характеризует устойчивость системы. Определяется по разности плотности раствора в нижней и верхней части цилиндра после суточной выдержки в покое, определяется в кг/м³. Если разность плотностей для нормальных и утяжеленных растворов не превышает соответственно 20 кг/м³ и 60 кг/м³, то растворы считаются стабильными.

5. Концентрация водородных ионов в глинистом растворе

Важной характеристикой глинистого раствора является концентрация в нем водородных ионов. Присутствие в глинистом растворе водородных ионов связано с процессом диссоциации воды.

Диссоциацией называется процесс обратимого разложения молекул вещества на атомы, атомные группы или ионы. Процесс диссоциации характеризуется степенью диссоциации. Степень диссоциации – это отношение числа молекул, распавшихся на составные части к общему числу молекул, существующих до распада.

$$C_{\partial} = \frac{n}{N + n};$$

где C_{∂} - степень диссоциации;

n - число диссоциированных молекул;

N - число недиссоциированных молекул.

Вода, которая в буровом растворе является жидкой дисперсионной средой относится к плохо диссоциируемым веществам. Степень диссоциации воды мала. Вода диссоциирует на положительно заряженные ионы водорода H⁺ и отрицательно заряженные гидроксильные ионы OH⁻.

В результате диссоциации в 1 л воды при 22°C содержится 10⁻⁷ грамм ионов водорода и 10⁻⁷ грамм ионов гидроксила.

При неизменной температуре концентрацию диссоциированных молекул воды и разбавленных водных растворов можно считать постоянной.

Концентрация водородных ионов в глинистом растворе в процессе бурения не является величиной постоянной. Изменение концентрации водородных ионов происходит:

1. В результате поступления в раствор пластовой воды.
2. Различного химического состава разбуриваемых пород.
3. Количества добавленных химических реагентов.

Абсолютные значения концентрации водородных ионов являются весьма небольшими величинами. Как правило, эти величины выражаются дробными числами. Поэтому концентрацию водородных ионов принято выражать водородным показателем - рН.

Водородный показатель - это отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов:

$$\text{pH} = - \lg \text{H}^+$$

Если концентрация водородных ионов 10^6 ионо/метр, то $\text{pH} = 6$. Изменяется рН обычно в пределах 0 - 14. По величине рН можно определить какой раствор: нейтральный, щелочной или кислый.

Раствор является нейтральным, если концентрация водородных ионов равна концентрации ионов гидроксила, т. е. $\text{H}^+ = \text{OH}^-$, $\text{pH} = 7$.

Раствор с $\text{pH} > 7$ - щелочной, в нем $\text{H}^- < \text{OH}^+$. Раствор с $\text{pH} < 7$ - кислый, в нем $\text{H}^+ > \text{OH}^-$.

Обычно раствор с рН от 5 до 7 относится к слабокислым, при $\text{pH} < 5$ к сильнокислым. Раствор с рН от 7 до 9 слабощелочной, при $\text{pH} > 9$ сильнощелочной.

В практике бурения нефтяных и газовых скважин редко применяется раствор с $\text{pH} < 6$.

Многие глинистые растворы относятся к щелочным.

Установлена определенная связь между свойствами бурового раствора, реагентов и величиной рН:

1. С увеличением вязкости раствора показатель рН увеличивается.
2. Тиксотропные свойства глинистых растворов наиболее ярко проявляются при $pH = 8 \div 10$, т. е. при средней щелочности.
3. С увеличением рН уменьшается фильтрация раствора.
4. При $pH < 7$ (в кислой среде) увеличивается коррозия стальных труб, при $pH \geq 10$ (в сильнощелочной среде) растет коррозия легкосплавных труб.
5. Промывочные жидкости, обработанные некоторыми химическими реагентами, стабильны лишь в определенном узком диапазоне рН. И за пределами этого диапазона расход реагента резко увеличивается.
6. Термостабильность отдельных высокомолекулярных реагентов существенно увеличивается, если поддерживать оптимальное значение рН среды.
7. С изменением рН промывочной жидкости иногда связано возникновение осложнений.
8. По изменению рН раствора можно судить о прохождении солевых отложений.
9. При значении рН 11 - 11,5 замедляется процесс бактериального разложения крахмала добавленного в глинистый раствор.
10. Зная величину рН можно определить в каждом конкретном случае необходимость и условия химической обработки промывочной жидкости.

Водный показатель рН определяют в промывочных жидкостях на водородной основе и их фильтрах.

На буровой рН определяют с помощью индикаторной бумаги или с помощью иономера типа ИМ - 2М (рН измеряют в пределах 1 - 12). В лабораторных условиях используют приборы рН-метры, диапазон измерений рН 1 - 14.

6. Содержание шлама (песка). В твердой фазе глинистого раствора различаются следующие частицы по Шрейнеру Л. А.:

1. Элементарные глинистые пластинки.

2. Первичные глинистые частицы, представляющие собой пачки элементарных пластинок.

3. Агрегаты из первичных глинистых частиц.

4. Высокодисперсные частицы пород, находящиеся в глине в качестве механических примесей.

5. Песок, состоящий из частиц кварца и других инертных пород, а также из крупных нераспустившихся комочков глины.

Высокодисперсные наиболее активные фракции глинистого раствора состоят из первых трех групп. Частицы четвертой группы можно считать активным наполнителем глинистого раствора. Эти частицы способствуют увеличению структурно-механических свойств раствора. Частицы пятой группы относятся к категории механических примесей глинистого раствора.

Содержание твердых примесей характеризует загрязненность глинистого раствора песком и недиспергированными частицами глины и других горных пород. С увеличением шламовых частиц в растворе повышается износ бурильных труб, долот, забойных двигателей, насосов, очистных устройств, повышаются вязкость раствора и толщина глинистой корки. Содержание песка в промывочной жидкости не должно превышать 1 % при турбинном способе бурения. Измеряется этот показатель с помощью отстойника типа ОМ - 2, в процентах.

7. Смазочные свойства. Эти свойства характеризуют способность бурового раствора снижать износ взаимодействующих тел и потерю энергии на трение.

Повышение смазочных свойств имеет большое значение:

1. Для снижения прихватов и затяжек бурильного инструмента.

2. Снижения гидравлических сопротивлений, по линии снижения трения.

3. Снижения крутящего момента бурильных труб при роторном бурении.

Смазочные свойства буровых растворов измеряются с помощью различных приборов (определяют коэффициент трения трубы о глинистую корку и т. д.).

Существует прибор ПАФК и КТФК для определения адгезии фильтрационных корок.

Но чаще всего в раствор вводят смазочные добавки: нефть, графит, ФК-2000, СМАД - 1, обеспечивающие минимальный коэффициент трения.

Опыт № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА

Целью данного опыта является изучение методики измерения плотности бурового раствора. Правильное регулирование плотности в процессе бурения скважины играет большую роль для обеспечения нормальных условий при прохождении зон осложнений.

Описание лабораторной установки

Измерение плотности глинистого раствора производится с помощью ареометра АГ-ЗПП.

Основные характеристики ареометра АГ-ЗПП

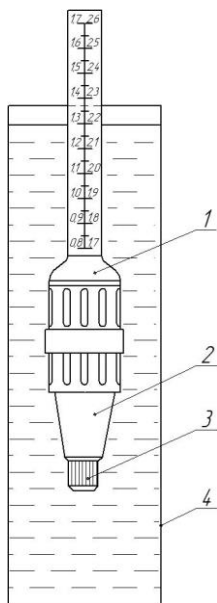
Предел измерения, г/см ³ :	
при надетом калибровочном грузе	0,9-1,7
без калибровочного груза	1,6 - 2,6
Погрешность измерения, г/см ³	± 0,02
Объем пробы раствора, см ³	78,5±1

Ареометр (см. рисунок 2.1) состоит из поплавка 1 со шкалой, стакана 2 для глинистого раствора и съемного грузика 3.

Ареометр имеет две шкалы: правую и левую. Отсчет по правой ведется при снятом грузе 3, по левой — при навернутом грузе. Цена деления на шкалах — 0,02 г/см³.

Порядок выполнения работы

Проверка ареометра. Заполните стакан ареометра полностью водой. Соедините поплавков со стаканом и погрузите собранный ареометр в емкость с водой. При наверхутом съемном грузе ареометр должен погружаться в емкость до деления на шкале поплавка, обозначенного 1,0. После этого заполните стакан ареометра раствором. Соедините поплавков со стаканом так, чтобы штифты на нижней части поплавка вошли в прорези мерного стакана, и поверните поплавков относительно стакана до упора. При этом из стакана выдавится избыток раствора. Смойте водой выдавленный раствор с поверхности стакана, удерживая ареометр в вертикальном положении. Погрузите ареометр в емкость с водой, дайте ему успокоиться и определите показания по шкале ареометра на уровне воды в емкости.



При наверхутом съемном грузе отсчет берите по левой шкале. Если ареометр при наверхутом грузе погрузился выше последнего оцифрованного деления на левой шкале, то снимите съемный груз и отсчет берите по правой шкале.

Содержание отчета

1. Схема прибора АГ-ЗПП.
2. Порядок выполнения работы.
3. Результаты замера плотности бурового раствора.

Рис. 2.1 Ареометр

АГ – ЗПП

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы конструкции прибора.
2. Опишите последовательность операций по проверке прибора и определению плотности бурового раствора.

Опыт № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА

Целью данного опыта является изучение методики измерения условной вязкости бурового раствора.

Под термином «вязкость бурового раствора» обычно имеют в виду условную или кажущуюся вязкость и скорость истечения некоторого объема бурового раствора через определенное отверстие.

Небольшая величина вязкости в пределах нормальных значений обеспечивает в большинстве случаев хорошие условия бурения, особенно при турбинном способе.

Описание лабораторной установки

Для измерения условной вязкости используется вискозиметр ВБР-1 (см. рисунок 2.2), который состоит из воронки 1 и мерной кружки 2.

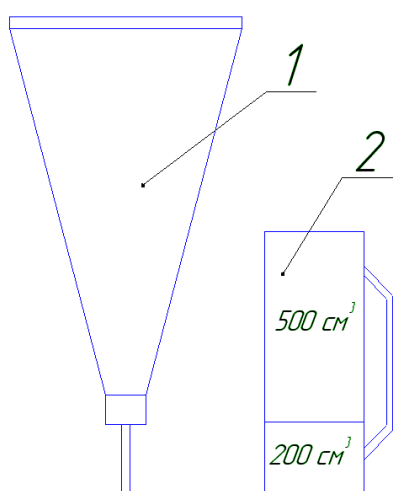


Рис. 2.2 Вискозиметр ВБР-1

Основные характеристики ВБР-1

Постоянная вискозиметра, с	15
Абсолютная погрешность постоянной вискозиметра, с	±0,5
Объем, см ³ :	

воронки	700
мерной кружки	500 и 200

Воронка прибора имеет высоту 400 мм с верхним диаметром 150 мм. В верхней части воронка имеет сетку для очистки раствора от крупных твердых частиц. Воронка заканчивается трубкой с отверстием 5 мм.

Мерная кружка имеет два отделения: одно — объемом 500 см³, другое — объемом 200 см³.

Порядок выполнения работы

1. Промойте воронку вискозиметра и мерную кружку водой и подготовьте пробу раствора.

2. Закройте отверстие трубки пальцем руки и мерной кружкой налейте в воронку через сито 700 см³ испытуемого раствора.

Подставьте кружку объемом 500 см³ под трубку вискозиметра и, открыв отверстие трубки (убрав палец), одновременно пустите секундомер. В момент заполнения кружки до края остановите секундомер, закройте отверстие трубки пальцем и прочтите показания секундомера. Вязкость глинистого раствора будет исчисляться в секундах, как время истечения 500 см³ глинистого раствора через 5-миллиметровую трубку (при заполнении воронки вискозиметра 700 см³).

Проверка вискозиметра. Для контроля за правильностью показаний вискозиметра определите его «водное число». «Водным числом» вискозиметра называется время истечения 500 см³ воды при заполнении вискозиметра 700 см³ воды. Для вискозиметра ВБР-1 «водное число» равно 15±0,5 с.

Содержание отчета

1. Схема прибора ВБР-1.

2. Порядок выполнения работы.

3. Результаты замера условной вязкости бурового раствора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию прибора ВБР-1.

2. Расскажите о порядке определения «водного числа» прибора и замера на нем условной вязкости.

***Опыт № 3* ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСКА**

Целью данного опыта является изучение методики измерения «содержания песка» в глинистом растворе.

От «содержания песка» в растворе в значительной степени зависит продолжительность работы гидравлической части буровых насосов, турбин турбобура, промывочных отверстий долота и других элементов циркуляционной системы буровой, на которые оказывают абразивное воздействие твердые частицы потока промывочной жидкости. Термин «содержание песка» не вполне соответствует определяемому описываемым методом показателю, поскольку определяется не песок, а весь осадок.

Такой осадок, помимо песка (кварцевого), который всегда находится в глинах, из которых приготавливается раствор, содержит еще частички выбуренной породы и нерастворившиеся частички глины.

Описание лабораторной установки

Определение процентного «содержания песка» производится с помощью отстойника ОМ-2 (см. рисунок 2.3), представляющего собой цилиндрический сосуд 1 с плотной крышкой 2, в нижней части которого укреплена сменная стеклянная градуированная бюретка 3.

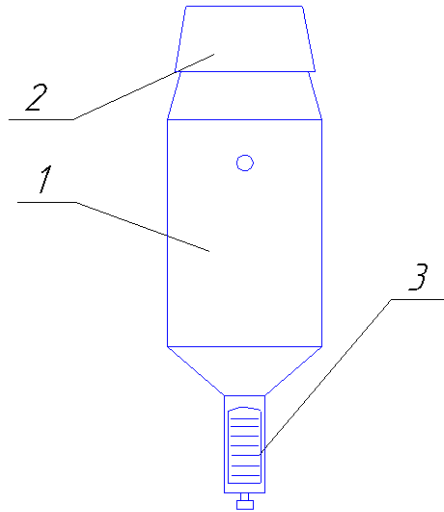


Рис. 2.3 Отстойник ОМ-2

В верхней части цилиндра на уровне объема 500 см^3 имеется отверстие диаметром 3 мм. Крепление бюретки осуществляется при помощи винта через перекладину и шайбу с резиновой прокладкой. Герметизация крепления бюретки обеспечивается резиновой прокладкой. Объем отстойника - 600 см^3 , крышка отстойника имеет объем 50 см^3 и служит для отмеривания пробы раствора; бюретка имеет объем 10 см^3 и градуирована через $0,1 \text{ см}^3$.

Порядок выполнения работы

1. Снимите крышку отстойника и заполните ее глинистым раствором.
2. Заполните отстойник примерно на одну треть чистой водой и влейте в него глинистый раствор из крышки. Не вымывая крышки, зачерпните ею воду, размешайте в ней оставшийся на внутренних стенках раствор и влейте в отстойник.

3. Заполните отстойник водой до уровня 3-миллиметрового отверстия на его боковой поверхности, держа отстойник вертикально. При появлении из 3-миллиметрового отверстия воды подождите до прекращения ее вытекания.

4. Плотно закройте отстойник крышкой. Прижимая крышку ладонью правой руки и прикрывая отверстие пальцем той же руки, интенсивно в течение 1—2 мин взболтайте содержимое отстойника.

5. Поверните отстойник в вертикальное положение и через минуту стояния по делениям нижней части бюретки определите объем осадка в см^3 осевшего из 50 см^3 раствора. Полученное показание, умноженное на 2, будет показателем содержания осадка в см^3 в 100 см^3 раствора или, иначе, процентным содержанием осадка в растворе.

Пример: осело 3 см^3 , следовательно, содержание осадка в растворе равно 6%.

6. Вылейте из отстойника содержимое, промойте его водой.

Содержание отчета

1. Схема прибора ОМ-2.
2. Порядок выполнения работы.
3. Результаты замера «содержания песка» глинистого раствора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы конструкции прибора.
2. Опишите последовательность операций по определению «содержания песка» глинистого раствора.

***Опыт № 4* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДООТДАЧИ БУРОВОГО РАСТВОРА**

Целью данного опыта является изучение методики измерения водоотдачи бурового раствора.

Под водоотдачей понимается способность глинистого раствора отфильтровывать воду в пористую породу при перепаде давления, которое всегда имеет место при бурении скважин, так как давление столба глинистого раствора в скважине несколько выше пластового давления. Одновременно с фильтрацией воды на стенках скважины образуется глинистая корка.

Водоотдача глинистого раствора должна быть наименьшей: при бурении в глинистых отложениях — для снижения обвалов стенок скважины; при бурении в продуктивном горизонте — для снижения сроков освоения скважины и увеличения ее дебита.

Описание лабораторной установки

Показатель водоотдачи глинистых растворов определяют на приборе-водоотдачнике ВМ-6, как количество фильтрата в см^3 , выделяющегося при избыточном давлении 0,1 МПа за 30 мин с площади фильтрата диаметром 75 мм.

Основная характеристика прибора ВМ-6

Предел измерения водоотдачи за 30 мин при диаметре фильтра 75 мм, см^3	40
Цена деления шкалы при диаметре фильтра 75 мм, см^3	1
Точность измерения, см^3	$\pm 0,5$
Давление фильтрации, МПа	0,1
Объем пробы раствора, см^3	100
Фактический диаметр фильтра, мм	53
Габариты, мм	117 x 273
Масса прибора, кг	3,3

Прибор ВМ-6 состоит из трех узлов: основания 7, напорного цилиндра 3 и фильтрационного стакана 5 (см. рисунок 2.4).

Фильтрационный стакан на верхнем конце имеет горловину с наружной резьбой и отверстие. Нижний конец его имеет наружную резьбу. На основании крепится фильтровальная бумага 8.

При определении водоотдачи раствор наливается в стакан с вложенной фильтровальной бумагой.

Узел напорного цилиндра состоит из цилиндра 3 с ввернутой в него на алюминиевой прокладке втулкой и с установленной на его нижнем конце чашкой, плунжера 1, притертого по втулке, и груза шкалы 2, укрепленного на плунжере. Шкала выполнена на прозрачной пластмассе и прикреплена к грузу винтами. Сквозь шкалу видна отсчетная риска на верхнем конце втулки цилиндра. В притертой паре плунжер-втулка возникает трение, влияющее на давление при фильтрации.

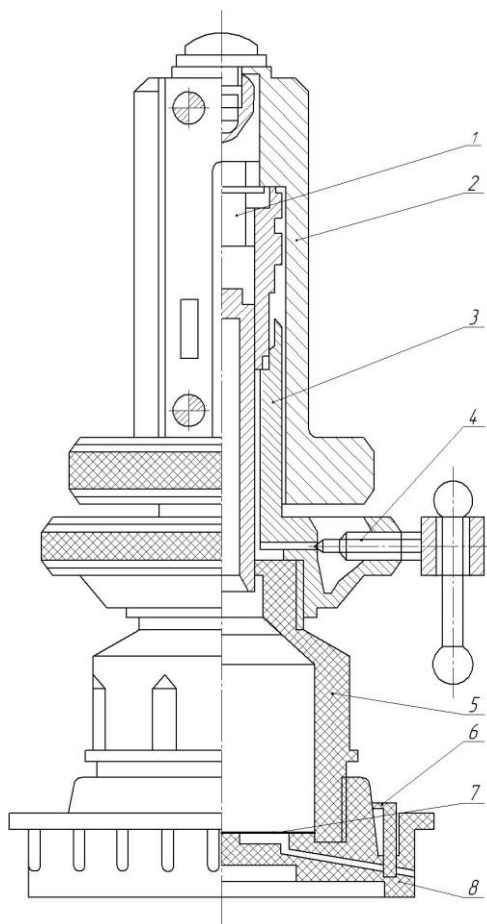


Рис. 2.4 Прибор VM-6

Для устранения трения плунжер необходимо периодически вращать рукой. Для установки шкалы прибора на «О» и спуска масла из цилиндра в нижней части цилиндра имеется отверстие, перекрываемое иглой 4. Масло из этого отверстия сливается в чашку. Нижний конец цилиндра имеет внутреннюю резьбу для соединения с фильтрационным стаканом. Для уплотнения места соединения цилиндра со стаканом предусмотрена прокладка из маслостойкой резины; эту прокладку по мере износа необходимо менять. Основание 7-пластмассовое, в нем предусмотрено место для стекания фильтрата. Отверстие, из которого выходит фильтрат, перекрывается пробкой 6.

Порядок выполнения работы

Установите прибор на столе, выньте плунжер из цилиндра и положите на стол.

Отверните цилиндр, проверьте, закрыта ли игла, поставьте цилиндр на стол.

Разберите стакан, вывернув его из основания, выньте резиновую прокладку и вытрите их насухо. Смочите заготовленный кружок фильтровальной бумаги водой и поместите в основание стакана, после чего удалите избыток воды с поверхности бумаги, промокнув ее сухим кружком. Иногда фильтровальная бумага бывает очень непрочной и прорывается. В этом случае следует класть два кружка. Положить сверху на фильтровальную бумагу резиновую прокладку. Пробка должна быть снята.

Наверните стакан на основание; вставьте пробку в отверстие, подготовьте секундомер и положите его рядом с прибором.

Перемешайте раствор и налейте его в стакан через горлышко. Стакан следует заполнить на 3—4 мм ниже края горлышка. После наливания раствора резьбу стакана вытрите насухо. Наверните цилиндр на стакан, предварительно проверив исправность прокладки.

Налейте в цилиндр машинное масло (масло должно быть не очень густым). Налейте масло на внутренний край цилиндра таким образом, чтобы оно стекло по стенкам цилиндра. Масло следует не доливать на 1 см до верхнего края втулки. Прижимая пробку пальцем, вставьте плунжер в цилиндр (при этом он опустится за счет сжатия воздуха на 2—3 см).

Приоткройте спускную иглу и, вращая плунжер рукой за накатку на грузе, подведите нулевое деление на шкале к отсчетной риску на верхнем крае втулки цилиндра. Затем одновременно вытащите пробку, возьмите отсчет времени по часам или секундомеру и зафиксируйте, на сколько делений сместится нуль шкалы от отсчетной риски. Запишите это показание по шкале против риски, приняв его за нулевое показание. Из всех следующих показаний, при данном определении, вычитайте нулевое показание. Например, при выдергивании пробки шкала прибора опустилась на 2 деления, т. е. нулевое показание будет 2 см^3 , показания за 30 мин составили 15 см^3 . Вычитая из 15 см^3 2 см^3 , получим величину водоотдачи за 30 мин 13 см^3 .

Все операции следует производить быстро, так как при нестабильных растворах за время от момента налива раствора в стакан до момента начала замера фильтрации может образоваться осадок, из-за чего исказится результат измерения.

При производственных измерениях достаточно взять один отсчет через 30 мин, все это время периодически, вначале чаще, вращать плунжер рукой за накатку на грузе.

При взятии отсчетов глаз должен находиться на уровне отсчетной риски на втулке цилиндра и на расстоянии от нее 30—40 см.

Примечание. Так как прибор точно воспроизводит кинетику процесса фильтрации, т. е. зависимость количества выделившегося фильтрата по времени, и так как эта зависимость, изображенная в логарифмических координатах, представляет собой прямую линию, то на приборе ВМ-6 можно производить замер фильтрации в течение 15 мин с последующей экстраполяцией по графику. Для этого в комплекте прибора имеются бланки со специальной логарифмической сеткой.

В этом случае за время определения возьмите отсчеты за 1 мин, 2, 3, 4, 5, 10, 15 мин. Нанесите значения водоотдачи за эти периоды на бланк с логарифмической сеткой.

Бланк разграфлен девятью вертикальными линиями на минуты — левая крайняя линия соответствует 1 мин, следующие — 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 и 30 мин, и горизонтальными линиями на кубические сантиметры: от 1 до 100 см³. Часть этих линий обозначена цифрами, соответствующими числу кубических сантиметров.

На вертикальной линии, соответствующей 1 мин, в месте ее пересечения с горизонтальной линией, соответствующей числу кубических сантиметров, поставьте точку. Таким же образом нанесите остальные точки.

Через полученные точки проведите прямую линию до пересечения с правой крайней вертикальной линией, соответствующей 30 мин фильтрации.

По шкале горизонтальных линий отсчитайте величину водоотдачи в кубических сантиметрах за 30 мин фильтрации.

Пользуясь этим приемом, можно сократить время фильтрации до 15 мин и, кроме этого, определять водоотдачу раствора большую, чем 40 см³ за 30 мин.

Ошибка в определении водоотдачи за 30 мин по 15-минутному замеру - не более 0,5 см³ при водоотдачах не более 20 см³ и не больше 2 см³ при больших водоотдачах.

После окончания замера водоотдачи откройте спускную иглу, выпустите масло из цилиндра и опустите плунжер с грузом. После этого закройте иглу, выньте плунжер из цилиндра и, если конец запачкан раствором, смойте раствор.

Отверните цилиндр от стакана и слейте масло из чашки цилиндра в бачок для масла. Вылейте раствор из стакана в ведро. Промойте фильтрационный стакан. Разберите его.

Измерьте толщину корки и запишите. Вымойте и вытрите детали фильтрационного стакана и соберите.

Вставьте в цилиндр плунжер, смазанный маслом.

Содержание отчета

1. Схема прибора ВМ-6.
2. Порядок выполнения работы.
3. Результаты замера водоотдачи глинистого раствора.
4. Построить график изменения фильтрации от времени в логарифмических координатах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию прибора ВМ-6.
2. Расскажите о порядке определения водоотдачи глинистого раствора прибором ВМ-6.
3. Что понимается под водоотдачей глинистого раствора?

***Опыт № 5* ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА БУРОВОГО РАСТВОРА**

Целью данного опыта являются изучение методики измерения статического напряжения сдвига бурового раствора с помощью прибора СНС-2.

Ряд буровых промывочных жидкостей (в том числе и глинистый раствор) относят к разряду так называемых структурированных жидкостей. Такие жидкости обладают способностью выстраивать частицы в определенном положении, создавая сетчатые или ячеистые структуры. В спокойном состоянии такие жидкости обладают рядом свойств твердых тел, в частности упругостью.

Способность к созданию определенных структур, приводит к тому, что, прежде чем заставить течь такую жидкость, необходимо приложить определенное усилие для разрушения этой структуры. Это усилие принято называть статическим напряжением сдвига. Таким образом, статическое напряжение сдвига характеризует прочность структуры структурированной жидкости, возникающей в спокойном состоянии и разрушающейся при течении; т. е., статическое напряжение сдвига представляет собой минимальное напряжение, необходимое для разрушения структуры. Выражается статическое напряжение сдвига усилием в Па или дПа и обозначается буквой θ .

Прочность структуры промывочных жидкостей зависит от времени нахождения жидкости в состоянии покоя. Опытами установлено, что у глинистых растворов создание структуры производится в течение одной минуты от начала момента прекращения движения (перемешивания) раствора и по истечении 10 мин практически полностью заканчивается. Поэтому статическое напряжение сдвига у глинистых растворов измеряется через 1 и 10 мин от момента прекращения движения (перемешивания) раствора, θ_1 и θ_{10} .

Описание лабораторной установки

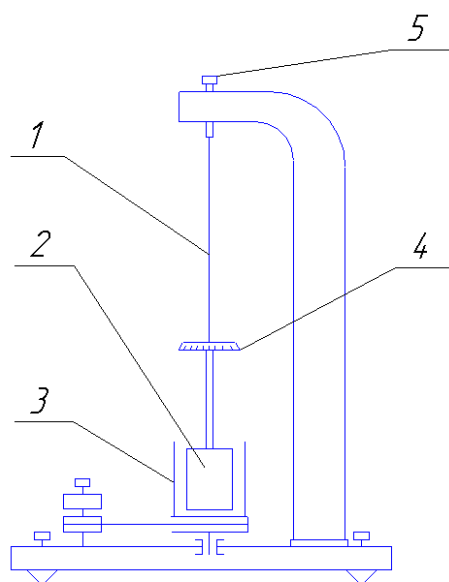


Рис. 2.5 Схема прибора СНС-2

Измерение статического напряжения сдвига у глинистых растворов производится прибором СНС-2. Принцип действия прибора следующий: прибор для определения статического напряжения сдвига основан на принципе вискозиметра с соосными цилиндрами.

На тонкой упругой нити 1 (см. рисунок 2.5) подвешен цилиндр 2, погруженный в соосный цилиндрический сосуд 3, заполненный испытуемой жидкостью; при вращении внешнего цилиндра жидкость, находящаяся в нем, в силу вязких свойств, увлекает за собой подвешенный цилиндр до тех пор, пока момент, возникший в упругой закрученной нити, не станет равным крутящему моменту, определяемому вязкостью испытуемой жидкости и размерами подвесного цилиндра.

Измерение статического напряжения сдвига глинистых растворов является частным случаем применения вискозиметра с соосными цилиндрами и производится при весьма малых скоростях вращения внешнего цилиндра. В описываемом приборе принята скорость вращения внешнего цилиндра 0,2 об/мин, что соответствует линейной скорости 0,4 мм/с на внутренней поверхности вращения цилиндра. Эта скорость несколько превышает верхний предел скорости так называемой инвариантной зоны, в которой определяемая величина строго соответствует понятию статического напряжения сдвига для любых известных глинистых растворов. Однако уменьшение скорости влечет за собой либо снижение точности отсчета и измерения, либо увеличение времени для производства измерения. Время производства измерения для тиксотропных растворов должно быть как можно меньше и в соответствии с принятой методикой измерения не должно превосходить 60 с, чему соответствует поворот внешнего цилиндра прибора на 72° , а внутреннего цилиндра и, следовательно, лимба 4 — на несколько меньшую величину.

Нить для растворов с различными значениями СНС подбирается так, чтобы максимальное закручивание ее лежало в пределах 65° — 75° .

В приборах с соосными цилиндрами на результаты измерения оказывает влияние момент, возникающий на донной части подвешенного внутреннего цилиндра. С целью уменьшения этого влияния нижняя часть цилиндра растачивается, благодаря чему при погружении цилиндра в испытуемую жидкость в этой расточке остается воздух: таким образом дно цилиндра не имеет контакта с испытуемой жидкостью и отделяется от нее воздушной прослойкой.

Техническая характеристика

Допускаемая продолжительность измерения, с	60
Скорость вращения внешнего цилиндра, об/мин	0,2
Цена деления шкалы, град	1

Точность измерения от предела измерения, %	±3
Диаметр внешнего цилиндра, мм	60
Диаметр подвесного цилиндра, мм	40
Высота подвесного цилиндра, мм	60
Электродвигатель: тип СД-2; напряжение, В	220

Для градуировки прибора поставляется специальное градуировочное кольцо и вспомогательное алюминиевое кольцо для установки добавочного груза соосно над подвесным цилиндром.

Для заполнения цилиндрического сосуда испытуемым глинистым раствором предусмотрена специальная мерная кружка объемом 120 см³.

Порядок выполнения работы

1. Градуировка прибора. Градуировка заключается в определении статического напряжения сдвига, соответствующего углу закручивания нити на 1⁰ по формуле (дПа/град)

$$\alpha = 109,65 \frac{K}{R^2 h T^2}$$

где K — момент инерции подвесной системы, г·см·с²; R — радиус подвесного цилиндра, см; h — высота подвесного цилиндра, см; T — полный период колебания подвесной системы, с.

Величины R и h возьмите из технической характеристики прибора.

Величина K определяется с помощью градуировочного кольца по формуле (г·см·с²)

$$K = \frac{K_1 \cdot T^2}{T_1^2 - T^2}$$

где K_1 - момент инерции градуировочного кольца, г·см·с²;

T_1 - полный период колебания подвесной системы с градуировочным кольцом, с.

Величина K_1 определяется по формуле

$$K_1 = \frac{Q}{g} \cdot \frac{r_1^2 + r_2^2}{2}$$

где Q — масса градуировочного кольца вместе с алюминиевой прокладкой определяется с точностью до 0,1 г; g — ускорение силы тяжести, см/с²; r_1, r_2 — наружный и внутренний радиусы градуировочного кольца, см, определяемые обмером с точностью до 0,01 см.

Определение полного периода колебания подвесной системы (без градуировочного кольца) T производится с помощью секундомера.

Подвесьте систему при снятом внешнем цилиндре на кронштейн, предварительно отрегулировав нить таким образом, чтобы ее верхний конец в состоянии покоя находился в центре верхнего конца трубки, а цилиндр — в центре вращающегося столика.

Выждав, пока система успокоится, быстрым и плавным поворотом пробки приведите систему в колебательное движение вокруг своей оси; при этом шкала прибора не должна задевать за стрелку. Задевание шкалы прибора о стрелку свидетельствует о следующем: а) прибор плохо отрегулирован относительно оси вращения внешнего цилиндра; б) неточно отрегулирована нить относительно оси подвесной системы; в) отогнулась стрелка. Соответствующей регулировкой эти явления следует устранить.

Убедившись в том, что колебательное движение происходит свободно, произведите отсчет времени за 50 полных колебаний с точностью до 0,2 с. Отсчет производят следующим образом. Когда шкала прибора достигает крайнего правого положения, пускают в ход секундомер и произносят слово «нуль», при каждом следующем возвращении шкалы в крайнее правое положение последовательно считают «один», «два» и т. д. до 50. С последним числом останавливают секундомер.

По секундомеру произведите отсчет времени в минутах и секундах. Весьма важно не допустить ошибку при отсчете минут на секундомере.

Для контроля правильности замера времени измерение произведите трехкратно, принимая для расчета среднее из 3-х измерений, причем результаты 3-х измерений времени качания системы за 50 качаний не должны расходиться между собой более чем на 0,4 с. Кроме того, рекомендуется произвести одно контрольное измерение из 10 качаний, что обеспечит надежную проверку правильности отсчета минут по секундомеру.

Отсчет переведите в секунды и полученное количество секунд разделите на 50 (число полных периодов), результат составляет продолжительность полного периода колебаний. Определение полного периода колебаний подвесной системы с градуировочным кольцом произведите точно так же, как и для подвесной системы без кольца.

Результаты подсчетов и измерений сведите в таблицу.

2. Подготовка прибора к работе. Установите прибор на устойчивом и прочном столе. При производстве измерений не допускайте качания или вибрации стола.

Вставьте нить в трубку подвесной системы и ее нижний конец укрепите винтами приблизительно в центре трубки.

Установите подвесную систему за верхний конец нити в пробке 5 кронштейна. Прибор предварительно регулировочными винтами установите таким образом, чтобы подвесной цилиндр встал соосно с вращающимся столиком прибора.

Произведите регулировку соосности нити с трубкой подвесной системы. При этом следует добиться, чтобы нить находилась в центре верхнего сечения трубки и не касалась ее стенок.

Произведите регулировку путем перемещения нижнего наконечника нити с помощью 3-х винтов; нижний конец нити смещайте в сторону, противоположную направлению смещения нити в верхнем отверстии трубки. Регулировку производите осторожно, поворачивая винты не более, чем на 1/4 оборота в один прием. Обычно после 3—5 осторожных по 1/8—1/1-оборота винта регулировкой достигается центричное положение нити в трубке. Если нить смещена от оси трубки не более чем на 1 мм, что легко оценить на глаз, регулировку следует признать удовлетворительной.

После установки и регулировки нити проверьте соосность подвесной системы с вращающимся столиком прибора и при надобности подрегулируйте.

Установите «О» шкалы на лимбе против риски на стрелке указателя. Установка нуля производится грубо — путем поворота лимба на трубке, точно — путем осторожного и плавного поворота пробки в гнезде кронштейна. Чтобы убедиться, что установка на «О» произведена правильно, выждите, пока подвесная система успокоится.

Установите на вращающийся столик цилиндр.

Подготовленный для работы прибор подключите к сети и включением тумблера проверьте работу мотора.

3. Проведение измерений. Перемешайте буровой раствор в эксикаторе. Налейте испытуемый раствор в цилиндрический стакан, установленный на вращающемся столике прибора. Раствор надо налить до верхнего края подвесного цилиндра, чтобы не была погружена в раствор его верхняя плоскость. Для того чтобы удобнее было наливать раствор, можно слегка сдвинуть с центра подвесную систему.

Возьмите секундомер и, осторожно поворачивая подвесную систему, перемешайте раствор.

После окончания перемешивания раствора поставьте «О» шкалы против риски на стрелке прибора и одновременно пустите в ход секундомер. При производстве этой операции следует следить за тем, чтобы подвесной цилиндр был в центре внешнего цилиндра.

По истечении одной минуты по секундомеру нажатием тумблера включите мотор и наблюдайте за движением подвешенного цилиндра по шкале прибора. Подвешенный цилиндр начнет вращаться, увлекаемый глинистым раствором, вращающимся вместе с цилиндрическим сосудом до тех пор, пока момент закручивающейся нити не станет равным моменту, равному произведению статического напряжения сдвига на величину поверхности цилиндра. В этот момент производите отсчет по шкале в градусах.

При этом прекращается вращение подвешенного цилиндра или начинается вращение в противоположном направлении, т. е. против часовой стрелки.

Осторожно за трубку поверните подвесную систему, перемешайте раствор и возвратите «0» шкалы к риску на стрелке, оставьте раствор в покое на 10 мин. Затем для определения тиксотропии раствора произведите второе измерение, включив тумблер мотора.

При выполнении измерения СНС и установке шкалы на «0» следите за совпадением рисок, нанесенных на прозрачной стрелке с обеих ее сторон, с целью исключить ошибку параллакса при отсчете.

Процесс качественного замера должен уложиться в пределах 1 мин и при этом угловой поворот должен быть в пределах 10^0 — 70^0 . Если же замер не удастся произвести в течение 1 мин, проволоку замените на проволоку большего диаметра и измерение повторите. Если угол поворота меньше 10^0 , проволоку замените на проволоку с меньшим диаметром.

Полученное в результате измерения показание в градусах пересчитайте по формуле

$$\theta_1 = \varphi_1 \cdot \alpha, \quad \theta_{10} = \varphi_{10} \cdot \alpha.$$

где φ_1 , φ_{10} — угол закручивания нити, полученный в результате измерений, соответственно после 1 мин и 10 мин покоя раствора, град; α — постоянная нити, дПа/град.

Содержание отчета

1. Схема прибора СНС-2.
2. Градуировка прибора.
3. Порядок выполнения работы,
4. Результаты замера статического напряжения сдвига глинистого раствора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию прибора СНС-2
2. Какая последовательность операций по градуировке прибора?
3. Расскажите о порядке определения статического напряжения сдвига глинистого раствора прибором.
4. Что характеризует статическое напряжение сдвига?

Опыт № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО ОТСТОЯ И СТАБИЛЬНОСТИ ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА

Целью данного опыта является изучение методики измерения суточного отстоя и стабильности глинистого раствора.

Под термином «*суточный отстой*» понимают количество свободной (отстоявшейся) воды, отделяющейся из глинистого раствора в течение суток.

Под термином «*стабильность глинистого раствора*» понимают разность плотностей проб раствора, взятых в верхней и нижней частях раствора, находящегося в течение суток в покое в цилиндре высотой 200 мм.

Как суточный отстой, так и стабильность являются косвенными характеристиками коллоидных свойств раствора: чем меньше суточный отстой и стабильность, тем ближе раствор к коллоидному, и, наоборот, чем выше суточный отстой и стабильность, тем ближе глинистый раствор к суспензии.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка включает в себя градуировочный прозрачный цилиндр и прибор ЦС-2. Прибор ЦС-2 (см. рисунок 2.6) представляет собой цилиндр 1 из листового железа высотой 200 мм, объемом 800 см³. Посередине цилиндра имеется отвод 2 с пробкой 3 для верхней половины раствора (см. рис. 2.6)

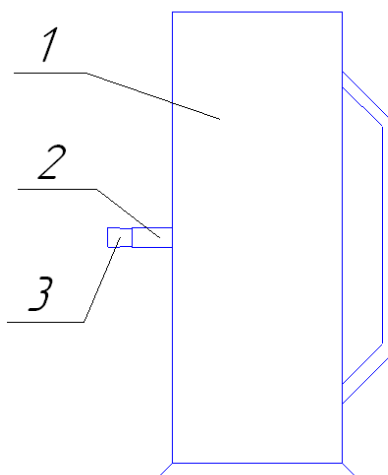


Рис. 2.6 Прибор ЦС-2

Порядок выполнения работы

1. Измерение суточного отстоя.

Налейте в мерный цилиндр до метки 500 испытуемый, тщательно размешанный глинистый раствор V . Закройте пробкой или стеклянной пластинкой и оставьте в покое на 24 ч.

Через 24 часа стояния определите количество отстоявшейся сверху воды в см³ - V_1

Количество отстоявшейся воды, отнесенное к объему налитого раствора, умноженное на 100. и будет «суточным отстоем», выраженным в процентах:

$$O = \frac{V_1}{V} \cdot 100$$

2. Измерение стабильности глинистого раствора. Заполните прибор ЦС-2 испытуемым тщательно перемешанным раствором до края и в течение 24 ч выдержите в покое.

По истечении суток откройте пробку на отводе и слейте верхнюю половину глинистого раствора вместе с отстоявшейся водой в заранее подготовленную посуду.

Закройте отвод пробкой. Перемешайте разделенные пробы раствора.

Замерьте с помощью ареометра плотность нижней части раствора ρ_1 , затем верхней ρ_2 части раствора. Предварительно проверьте ареометр на воде. После замеров раствор слейте в прибор ЦС-2.

Определите стабильность глинистого раствора C в г/см^3 или кг/м^3 :

$$C = \rho_1 - \rho_2$$

Содержание отчета

1. Схема приборов для определения суточного отстоя и стабильности.
2. Порядок выполнения работы.
3. Результаты замера суточного отстоя и стабильности глинистого раствора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию приборов для определения суточного отстоя и стабильности.
2. Расскажите о порядке определения суточного отстоя и стабильности глинистого раствора.

РАЗДЕЛ № 3

ИЗМЕРЕНИЕ СВОЙСТВ ТАМПОНАЖНЫХ СУСПЕНЗИЙ И КАМНЯ

Цель работы: Изучение свойств тампонажных суспензий и камня

При бурении нефтяных и газовых скважин разбуривается большой комплекс пород различной устойчивости, пересекаются водонефтегазонасыщенные пласты различной пористости и с различными пластовыми давлениями. Для предотвращения обвалов стенки скважины крепятся обсадными трубами. Кольцевое пространство между стенкой скважины и спущенной в нее обсадной колонной заполняется тампонажным раствором, который после затвердевания надежно разобщает пласты друг от друга, исключая тем самым их взаимовлияние.

При креплении скважин применяют тампонажный портландцемент, выпускаемый по ГОСТ 1581-96, и ряд специальных цементов, изготавливаемых по ТУ. Цемент - весьма сложный продукт обжига смеси, состоящей из карбонатов, кремнеземисто-глиноземистых материалов и других химических соединений. Получаемый в результате обжига клинкер охлаждается и размалывается в тонкий порошок. Цемент транспортируется в бумажных мешках или в специальных автомашинах-цементовозах.

Согласно ГОСТ 1581-96 тампонажные портландцементы классифицируются следующим образом:

1. По вещественному составу цементы подразделяют на следующие типы:

I - тампонажный портландцемент бездобавочный;

I-G - тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,44 [1];

I-H - тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,38 [1];

II - тампонажный портландцемент с минеральными добавками;

III - тампонажный портландцемент со специальными добавками, регулирующими плотность цементного теста.

2. По плотности цементного теста цемент типа III подразделяют на:

- облегченный (Об);
- утяжеленный (Ут).

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

- низких и нормальных температур (15-50)°С;
- умеренных температур (51-100)°С;
- повышенных температур (101-150)°С.

4. 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 цемента должно состоять из:

- буквенных обозначений цемента: ПЦТ - портландцемент тампонажный;
- обозначения типа цемента;
- обозначения сульфатостойкости цемента;
- обозначения средней плотности для цемента типа III (таблица 3.3);
- обозначения максимальной температуры применения цемента;
- обозначения гидрофобизации или пластификации цемента - ГФ или ПЛ;
- обозначения настоящего стандарта.

Примеры условных обозначений

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

ПЦТ II-CC-50 ГОСТ 1581-96

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

ПЦТ I-G-CC-2 ГОСТ 1581-96

3. Портландцемент тампонажный со специальными добавками облегченный плотностью 1,53 г/см³, для умеренных температур гидрофобизированный:

ПЦТ III-Об 5-100-ГФ ГОСТ 1581-96

Вещественный состав цемента всех типов должен соответствовать значениям, указанным в таблице 1.

Требования к физико-механическим показателям, характеризующим тампонажно-технические свойства цемента типов I - III, приведены в таблицах 3.2 и 3.3, а цемента типов I-G и I-H - в таблице 3.4.

Требования к химическим параметрам цемента приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.1

Тип цемента	Содержание клинкера	Содержание добавки, %	
		Минеральная добавка	Специальная добавка - облегчающая (в том числе природная пуццолановая) или утяжеляющая
I			
I-G	100	Не допускается	
I-H			
II	80-94	6-20*	-
III	30-89	-	11-70

* Добавок осадочного происхождения не должно быть более 10 % массы цемента

Примечание: Вещественный состав характеризуют содержанием портландцементного клинкера и добавок без учета гипсового камня, вводимого сверх 100 % массы цемента.

Таблица 3.2

Наименование показателя	Значение для цемента 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	-	-	3,5	-	-
2 сут	2,7	0,7	-	1,0	2,0
2. Тонкость помола*:					
- остаток на сите с сеткой N 008 по ГОСТ 6613, %, не более	12,0	10,0	15,0	12,0	12,0
- удельная поверхность, м ² /кг, не менее	270	-	250	-	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	200	-	200	-	-
- пластифицированного	220	-	220	-	-
5. Время загустевания до консистенции 30 Вс**, мин, не менее			90		
* Допускается определять тонкость помола для цемента типа I только по удельной поверхности, а для цемента типов II и III- УТ - только по остатку на сите.					
**Единицы консистенции Бердена					

Таблица 3.3

Значение плотности цементного теста для цемента типа III, г/см ³			
Облегченного		Утяжеленного	
обозначение средней плотности	плотность ±0,04	обозначение средней плотности	плотность ±0,04
Об 4	1,40	УТ 0	2,00
Об 5	1,50	УТ 1	2,10
Об 6	1,60	УТ 2	2,20
		УТ 3	2,30

Таблица 3.4

Наименование показателя	Значение для цемента типов I-G и I-H	
	не менее	не более
Прочность на сжатие, МПа, через 8 ч твердения при температуре:		
38°C	2,1	-
60°C	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 3.5

Наименование показателя	Значение для цемента типа, %			
	I	II	III	I-G и I-H
Потери при прокаливании, не более	5,0	-		3,0
Массовая доля нерастворимого остатка, не более	5,00	-		0,75
Массовая доля оксида серы (VI) SO:				
не менее		1,5		-
не более		3,5		3,0
Массовая доля хлор-иона Cl ⁻ , не более			0,10	
Массовая доля суммы щелочных оксидов в пересчете на NaO, не более		-		0,75

ГОСТ 26798.1-96 и ГОСТ 26798.2-96 предусматривают следующие методы испытания тампонажных цементов и растворов:

- 1) растекаемость цементного раствора;
- 2) время загустевания цементного раствора;
- 3) консистенции цементного раствора;
- 4) предел прочности цементного камня при изгибе и сжатии;
- 5) тонкость помола цемента;
- 6) плотность цемента и раствора;

7) удельная поверхность цемента.

Кроме предусмотренных ГОСТом характеристик, в работе рассматривается определение сроков схватывания цементного раствора, удельной насыпной массы цемента и водоотдачи цементного раствора.

Определение свойств цементного раствора и камня производится на цементном тесте, приготовленном при водоцементном отношении В/Ц=0,5. Вода пресная или морская.

Испытания осуществляются в два этапа. На первом этапе производятся стандартные испытания цементного раствора и камня в соответствии с ГОСТ 26798.1-96 и ГОСТ 26798.2-96. Второй этап испытания представляет исследовательскую часть, которая позволяет проследить за изменением свойств цементного раствора и камня при изменении условий твердения цементного камня.

Далее даны рекомендации по методике проведения этих испытаний.

Опыт № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЕКАЕМОСТИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

При выполнении работы определяется растекаемость цементного раствора, которая косвенно характеризует прокачиваемость цементного раствора поршневыми насосами, так как при растекаемости раствора 80-90 мм насосы не могут прокачать такую вязкую жидкость.

Описание лабораторной установки

Растекаемость цементного раствора определяют с помощью конуса АЗНИИ (рис.3.1). Он состоит из собственно конуса *1* и шкалы *5*, укрепленной на основании *2*, которое выполнено в виде диска со сниженным буртом. В центре диска утоплен и укреплен круглый жидкостный уровень. Для регулирования горизонтального положения плоскости шкалы по уровню предусмотрены одна неподвижная *4* и две регулируемые ножки *6* с контргайками *3*, расположенные под углом 120° .

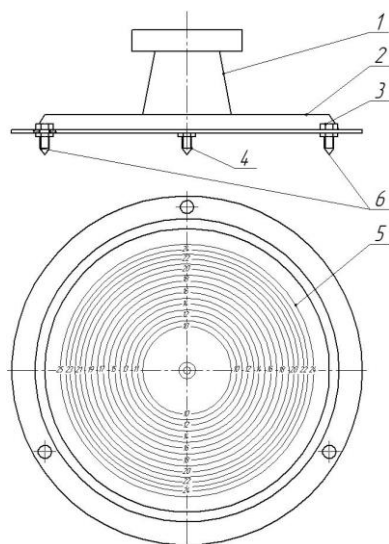


Рис. 3.1. Конус АЗНИИ.

На поверхности диска четырьмя винтами укреплена шкала из стекла с гравированными кольцевыми рисками (с оцифровкой) диаметром от 80 до 250 мм, нанесенными через 10 мм. Каждая кольцевая риска оцифрована. Для центричного расположения конуса на шкале имеется кольцевая риска диаметром 72 мм. При измерении шкалу покрывают стеклянным диском диаметром 250 мм. Растекаемость цементного раствора можно определить и одним конусом без остальной аппаратуры. В этом случае конус помещают на горизонтально установленное стекло, под которое подкладывают бумагу с начерченными на ней концентрическими кругами, отстоящими один от другого на расстоянии 10 мм. Диаметр наибольшего круга 250, наименьшего - 80 мм. Конус устанавливают в центре бумаги на специально вычерченном круге, диаметр которого равен нижнему диаметру конуса, т.е. 72 мм.

Порядок выполнения работы

Для определения нормальной растекаемости отвешивают $300 \pm 0,5$ г цементного порошка, высыпают его в чашу, в которую добавляют $150 \pm 0,5$ г воды. Массу энергично перемешивают специальной лопаточкой вручную или на мешалке для перемешивания цементного теста со скоростью вращения лопастного устройства $1500 + 100 \text{ мин}^{-1}$ в течение трех минут. Готовую массу наливают в установленный соосно с рисками конус до краев, затем резко поднимают конус. Величина растекаемости рассчитывается путем отсчета по шкале диаметра расплыва в двух направлениях, соответствующих наибольшему и наименьшему его диаметру. Из этих двух значений находят среднее. Внутренняя поверхность конуса и поверхность стекла должны быть чистыми и влажными.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Изменение растекаемости цементного раствора во времени

После определения начальной растекаемости приготовленный цементный раствор собирают в чашу и выдерживают 20 мин, после чего в течение 3 мин его перемешивают и вторично определяют растекаемость раствора, затем его опять собирают в чашу, выдерживают снова 20 мин, перемешивают в течение 3 мин и определяют растекаемость, и так до тех пор, пока растекаемость раствора не снизится до 100 – 120 мм. Необходимо произвести операцию хотя бы 3 раза, после чего построить график.

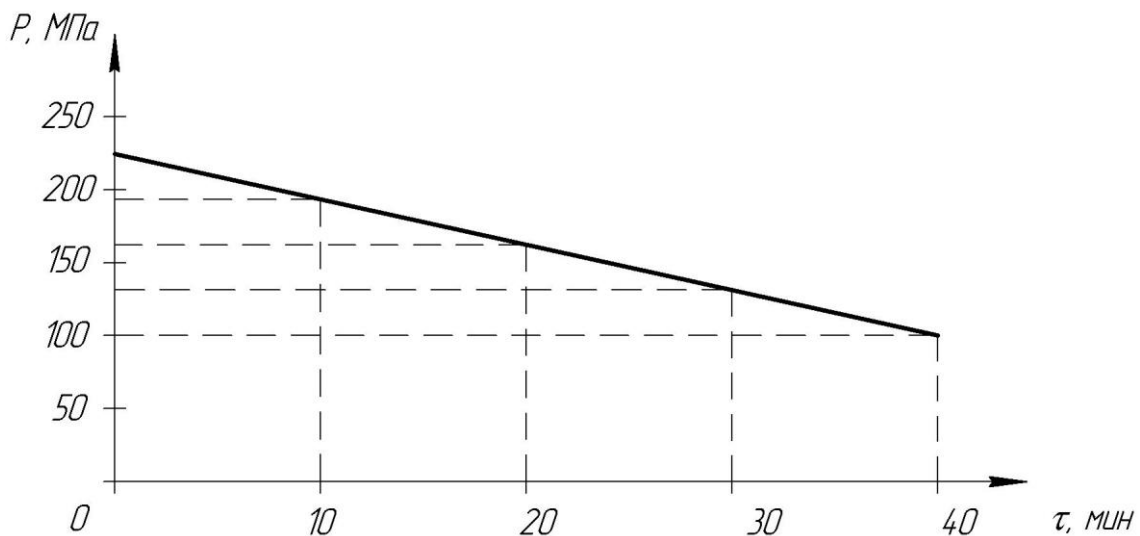


Рис. 3.2. Изменение растекаемости цементного раствора от времени.

Растекаемость цементного раствора уменьшается за счет его гидратации, т.е. насыщения зерен цементного порошка водой. Вода в цементном растворе насыщает минералы цемента и переходит в связанное состояние. Примерный график изменения растекаемости цементного раствора во времени показан на рис. 3.2.

Изменение растекаемости цементного раствора от водоцементного отношения

Для гидратации цементного раствора необходимо 26-28% воды, но поскольку он закачивается в скважину поршневыми насосами и в связи с этим должен быть достаточно жидким, ГОСТ 1581-96 предусматривает, что для приготовления цементного раствора необходимо добавлять 50% воды, т.е. водоцементное отношение становится равным 0,5. От количества добавляемой воды изменяется вязкость цементного раствора, которая косвенно определяется растекаемостью. Для исследования изменения растекаемости производят замеры при различных ВЦО, равных 0,4; 0,5; 0,6, с изменением растекаемости примерно от 110 - 120 мм до 250 мм. Примерный график изменения растекаемости указан на рис. 3.3.

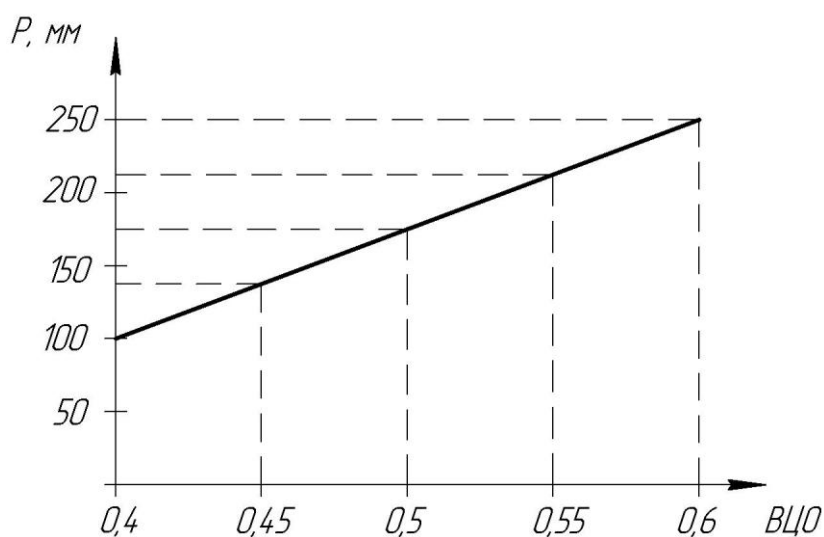


Рис. 3.3. Изменение растекаемости цементного раствора от ВЦО.

В зависимости от ВЦО изменяются и другие свойства цементного раствора, а именно, прочность цементного камня от увеличения ВЦО уменьшается, сроки схватывания увеличиваются, плотность раствора уменьшается, проницаемость цементного камня увеличивается, гидравлические сопротивления при цементировании уменьшаются.

Опыт № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ И ВРЕМЕНИ ЗАГУСТЕВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

Растекаемость косвенно характеризует прокачиваемость только свежеприготовленного раствора. Она зависит от длительности и интенсивности перемешивания раствора. К моменту определения растекаемости раствор находится в состоянии покоя, тогда как при цементировании скважин он непрерывно перемешивается.

Реологические свойства, от которых зависит прокачиваемость цементного раствора во времени, изменяются вследствие непрерывно идущего процесса гидратации цемента, а также под влиянием непрерывного перемешивания раствора при цементировании скважины. Определение действительных реологических свойств цементных растворов представляет большие трудности, прежде всего, из-за отсутствия надлежащей аппаратуры, поэтому в лабораторной нефтепромысловой практике широкое применение находят консисометры (рис. 3.4), позволяющие также косвенно, но более достоверно определить прокачиваемость раствора и ее изменение во времени.

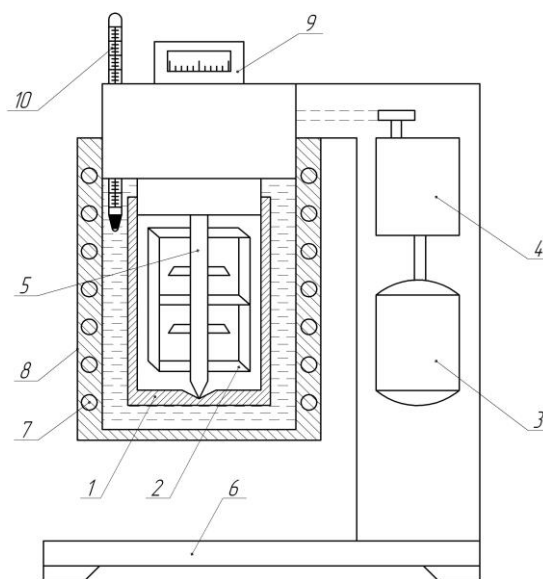


Рис. 3.4. Консисометр КЦ-5.

Описание лабораторной установки

Консистометр смонтирован на станине 6 и состоит из корпуса 8, внутри которого находятся электрический нагреватель 7 и стакан 1, приводимый в движение электродвигателем 3 через редуктор 4. В стакане размещена рамка 2 с лопатками, ось рамки 5 соединена с измеряющим устройством 9, которое состоит из калиброванной пружины и шкалы. Для замера температуры имеется термометр 10.

Принцип действия консистометра следующий: при вращении стакана 1, заполненного цементным раствором, между раствором и лопатками рамки 2 возникает сила трения, благодаря которой рамка поворачивается и закручивает калиброванную пружину. Рамка будет поворачиваться до тех пор, пока момент упругих сил пружины не станет равным моменту сил трения между лопатками рамки и раствором. Угол закручивания пружины рассчитывают по шкале консистометра. Чем больше момент сил трения и, следовательно, угол закручивания калиброванной пружины, тем гуще раствор и тем труднее его прокачивать. Величину момента сил трения, косвенно характеризующего прокачиваемость раствора, принято считать его консистенцией. Количественно консистенцию раствора выражают в единицах, которые называют *условными единицам консистенции*.

В консистометрах КЦ-3 и КЦ-4 можно измерить консистенцию и ее изменение во времени при температуре до 200-250°C и давлении до 100 МПа, а в консистометре КЦ-5 - при температуре 95°C и атмосферном давлении.

Консистометр КЦ-5 предназначен для испытаний цементов для низких, нормальных и умеренных температур.

Консистометр КЦ-3 предназначен для испытания цементов при повышенных и высоких температурах.

Шкала консистометра может быть градуирована либо в единицах консистенции, либо в градусах. В последнем случае к консистометру

прикладывают тарировочную кривую зависимости между углом закручивания пружины в градусах и единицами консистенции.

Порядок выполнения работы

Перед началом работы в пустой стакан консисометра опускают рамку с лопатками, включают электродвигатель и убеждаются, что стрелка прибора находится на нуле шкалы, т.е. рамка не касается внутренней поверхности вращающегося стакана. Для испытания следует приготовить 650 см^3 цементного раствора, налить его в стакан прибора, надеть на стакан электрическую печь, опустить в стакан рамку и включить электродвигатель. С момента затворения до момента пуска прибора должно пройти не более 5 мин.

Скорость нагревания регулируют путем изменения напряжения питания электродвигателя. После включения электродвигателя и электрообогрева необходимо через каждые 5 мин записывать температуру раствора и показания стрелки прибора. Цементный раствор считается достаточно подвижным, если его начальная консистенция (в течение первых 20 мин) не превышает 10-15 условных единиц.

Опыт прекращают, когда консистенция раствора возрастает до 30 единиц консистенции. Результаты измерений консисометром заносят в таблицу, в которой через каждые 5 мин необходимо фиксировать следующие величины:

- 1) время, прошедшее от момента затворения (по секундомеру), *мин.*;
- 2) отсчет по шкале консисометра (угол поворота стрелки), *градусы*;
- 3) соответствующую отсчету по шкале консисометра вязкость в условных единицах консистенции (по тарировочной кривой);
- 4) температуру раствора, $^{\circ}\text{C}$;
- 5) напряжение питания электродвигателя, *В*.

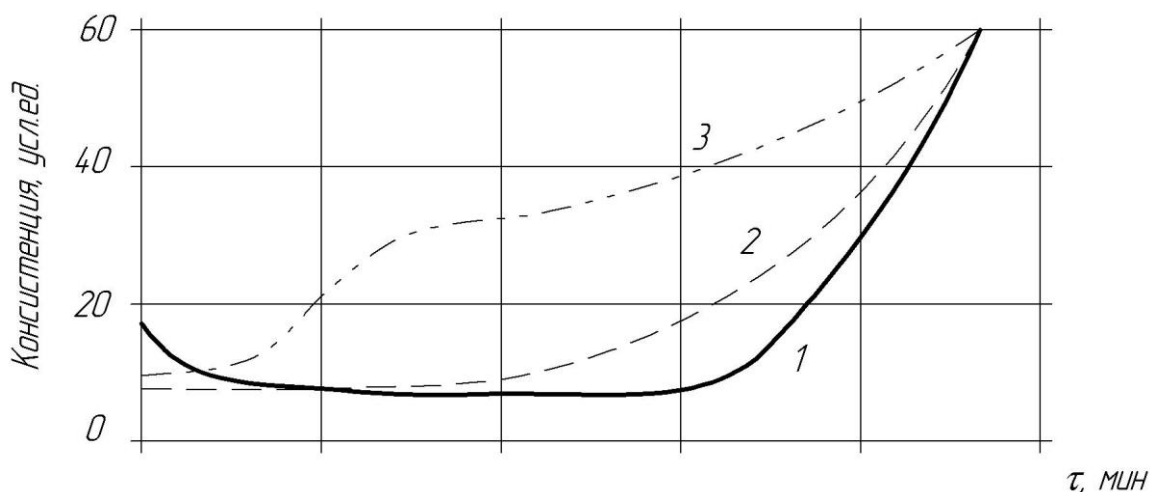


Рис. 3.5. Диаграмма консистометра.

По данным таблицы на миллиметровке строят кривую изменения консистенции во времени (рис. 3.5) - кривую загустевания. По кривой определяют начальную консистенцию через 20 мин испытания и срок начала загустевания, по ней отсчитывают время от момента затворения до момента, когда консистенция достигает уровня 30 условных единиц консистенции.

На этот график следует нанести кривые загустевания, полученные всеми параллельно работающими бригадами, отметив для кривой рецептуру раствора и условия испытания.

Опыт №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

По срокам схватывания определяется время цементирования скважины и ожидание затвердевания цемента (ОЗЦ). Под сроками схватывания цементного раствора понимают начало и конец этого процесса. За начало схватывания принимается время, прошедшее от начала затворения (момента приливания воды) до того момента, когда игла прибора Вика не будет доходить до дна на 1,0 - 2,0 мм.

За конец схватывания принимается время от начала затворения до того момента, когда игла будет опускаться в цементный раствор не более, чем на 1-3 мм.

Определение сроков схватывания цементов, предназначенных для низких и нормальных температур производится при температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$, для умеренных и повышенных температур при $75\pm 3^\circ\text{C}$.

Сроки схватывания определяют при помощи прибора Вика (рис. 3.6.)

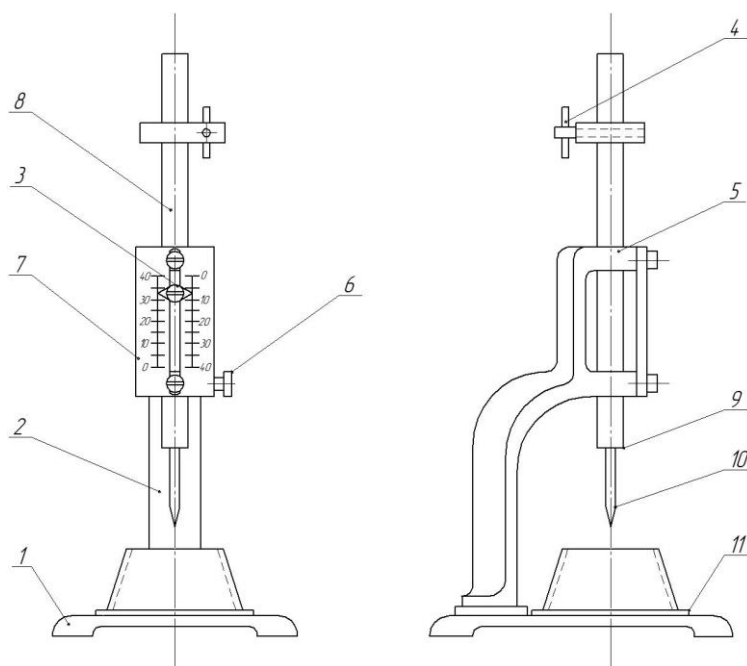


Рис. 6. Прибор Вика.

Описание лабораторной установки

Прибор Вика состоит из цилиндрического стержня 8, свободно перемещающегося во втулке 5 и укрепленного на станине 2. Ось стержня перпендикулярна к плите 1 станины. Для закрепления стержня на желаемой высоте служит пружинная защелка 6. На стержне укреплен указатель 3, а на станине - шкала 7 с миллиметровыми делениями от 0 до 40. Положение указателя на стержне регулируется стяжным винтом 4. В нижнюю часть стержня ввинчена оправка 9 иглы 10 диаметром 1,1 мм. На плите с помощью металлической или стеклянной прокладки 11 помещается конус.

Порядок выполнения работы

Определение сроков схватывания цементных растворов для низких и нормальных температур

Цементное тесто, приготовленное из 250 г цемента и 125 мл воды, перемешивают в течение 3 мин, в специальной чаше при помощи специальной лопатки или на мешалке, после чего заливают в конус с кольцом-надставкой. Конус и прокладка перед заполнением протираются с внутренней стороны машинным маслом. Торец конуса с наружной стороны в месте контакта с прокладкой смазывается дополнительно тавотом и вазелином. Спустя час после затворения снимают кольцо-надставку, выравнивают ею поверхность раствора и оставляют его на воздухе при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Перед испытанием следует убедиться, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также проверить нулевое показание прибора (игла должна соприкасаться с пластинкой). В случае отклонения от нуля шкалу прибора соответствующим образом передвигают. При определении сроков схватывания иглу доводят до соприкосновения с поверхностью раствора и закрепляют стержень винтом. Затем, нажав на спуск, дают игле свободно погружаться. Пока раствор жидок, иглу следует задерживать, притормаживая стержень пальцем. Когда раствор

загустеет настолько, что опасность повреждения иглы будет исключена, ей дают свободно опускаться.

Момент начала схватывания должен быть зафиксирован при свободном опускании иглы, которое производят периодически, передвигая кольцо после каждого погружения, для того, чтобы испытать участки, ранее не поврежденные. После каждого погружения иглу следует вытирать сухой чистой тряпкой или фильтровальной бумагой. Первое погружение осуществляют через 1,5 ч с момента затворения, последующие - через каждые 15 мин (если в раствор добавлен ускоритель, первое погружение производят через 1 ч после затворения).

Воду, которая может выделиться во время опыта на поверхности цемента или из-под кольца, удалять не следует. С целью получения сроков схватывания за один лабораторный цикл следует подобрать рецептуру цементного раствора с продолжительностью начала схватывания не более 3 ч и конца схватывания не более 4 ч, для чего в цементный раствор нужно добавить ускоритель схватывания, например, гипс до 20% или хлористый кальций до 5% от веса цемента.

Определение сроков схватывания для умеренных и повышенных температур

При определении сроков схватывания в данном случае кольцо Вика заливают без насадки. Поверхность цемента выравнивают ножом, и кольцо сразу погружают в водный термостат с пресной водой, в котором поддерживается температура $75\pm 3^{\circ}\text{C}$. Кольцо покрывают стеклом, затем кольцо извлекают из воды и, проведя испытание при помощи иглы Вика, снова погружают его в термостат. Первое погружение иглы производят по истечении 1 ч с момента затворения, последующие - через каждые 5 мин, вплоть до окончания испытания.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Определение зависимости сроков схватывания цементного раствора (начала схватывания) от изменения водоцементного отношения

Для проведения данной работы приготавливают цементные растворы с ВЦО=0,5 - 0,45 - 0,4 и определяют сроки их схватывания (рис. 3.7).

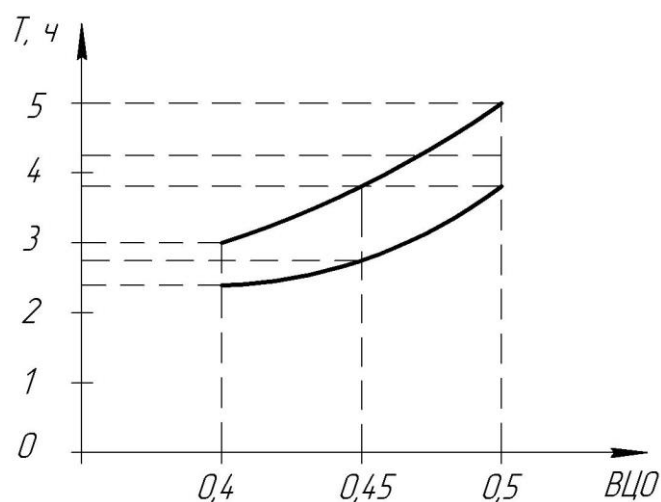


Рис. 3.7. Изменение сроков схватывания цементного раствора от ВЦО.

Определение зависимости сроков схватывания цементного раствора от температуры

Работа проводится по методике для умеренных и повышенных температур при температурах испытания 35, 50 и 75°C (рис. 3.8).

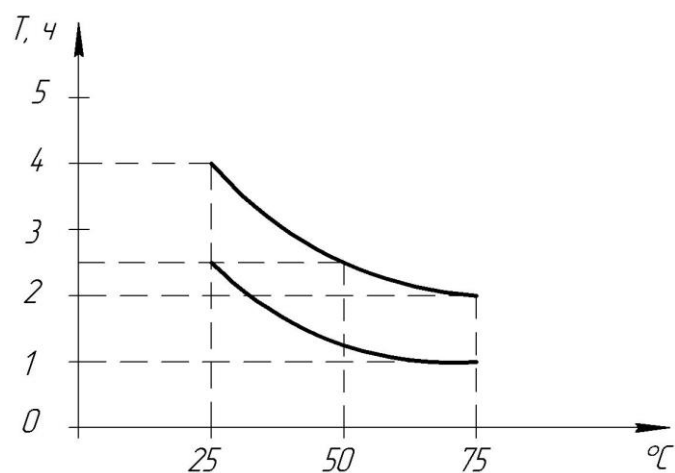


Рис. 3.8. Изменение сроков схватывания цементного раствора от температуры.

Опыт № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ НА ИЗГИБ

Знание прочности цементных образцов необходимо для качественного разобшения пластов. Минимальные прочностные данные указаны выше в табл. 3.1.

Описание лабораторной установки

Изготовление образцов, их хранение и испытание для тампонажных цементов для низких и нормальных температур

Для определения предела прочности цементного камня используются специально изготовленные цементные образцы, имеющие форму призмы размером 40×40×160 мм. Форма для изготовления цементных призм (рис. 3.9) состоит из стальной плиты 1, двух стенок 2, четырех перегородок 3 и стяжного болта 4. Перед изготовлением образцов ее в собранном виде смазывают изнутри тонким слоем машинного масла. Чтобы вода не вытекала, нижние части наружных стенок перегородок формы обрабатывают автолом или техническим вазелином.

Для изготовления трех призм в соответствии с ГОСТ 1581-96 требуется 1800 г цементного раствора, для чего отвешивают 1200 г цемента и 600 см³ пресной воды (температура воды 20±2⁰С). Воду в цемент добавляют постепенно, тщательно размешивая смесь. После добавления всей порции воды смесь перемешивают еще 3 мин.

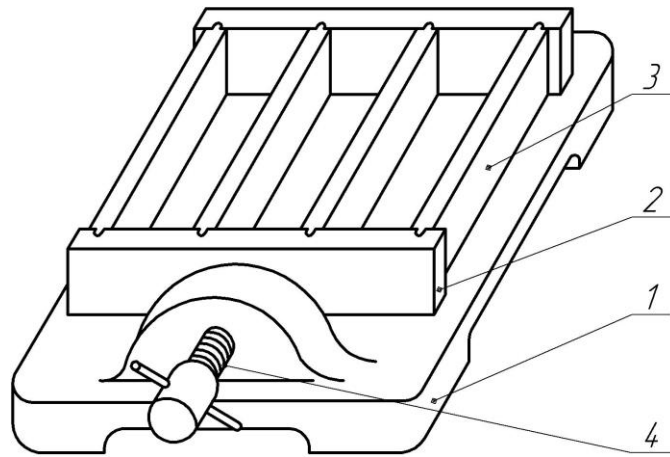


Рис. 3.9. Форма для изготовления образцов призм.

Полученный цементный раствор при непрерывном перемешивании разливают в формы, причем гнезда заполняют последовательно в два приема: сначала раствор заливают примерно на половину высоты формы, а затем - вровень с краями (чуть с избытком). Заливку следует производить как можно быстрее. Через час с момента затворения поверхность раствора выравнивают ножом.

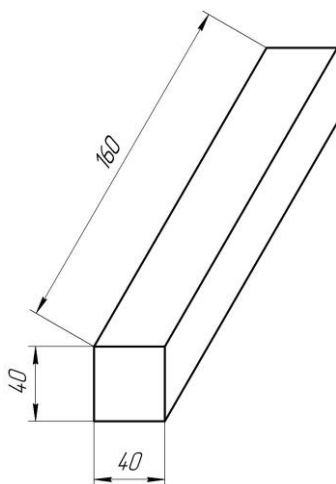


Рис. 3.10. Цементная призма.

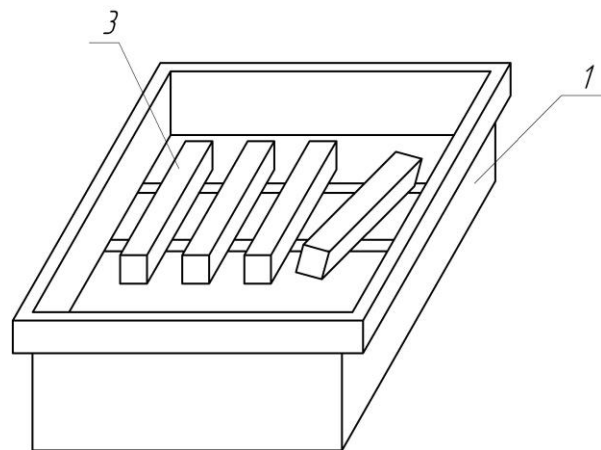


Рис. 3.11. Ванна для хранения цементных образцов.

После заливки форму помещают в ванну с гидравлическим затвором. Ванна для хранения цементных образцов (рис. 3.10 и 3.11) состоит из корпуса 1, решетки 3 и крышки 2. Формы, залитые цементом, устанавливаются на решетку ванны, ванна закрывается крышкой, и

образцы хранятся во влажной атмосфере. По истечении 24 ± 1 ч от момента затворения формы разбирают, вынутые из них призмы нумеруют и сразу помещают в воду, находящуюся на дне ванны. Призмы укладывают в один ряд на расстоянии не менее 1 см друг от друга. Уровень воды должен перекрывать поверхность образцов не менее чем на 2 см. После разборки формы тщательно очищают от остатков цемента и ржавчины и смазывают машинным маслом. В воде призмы хранятся еще 24 ± 1 ч, после чего образцы подвергают испытанию. Образцы из цементов, для которых стандартами технических условий установлен срок испытания 1 сут, после расформования охлаждают в ванне с водой до комнатной температуры в течение 2ч 30 мин и испытывают.

Прочность на изгиб цементных образцов, имеющих сечение 40×40 и расчетный пролет 160 мм, при постоянной скорости нарастания нагрузки 5 кг/с определяется на приборе машины МИИ-100. Общий вид машины изображен на рис. 3.12. Нагружение образца, устанавливаемого в захват 2, происходит за счет перемещения тарированного груза по направляющим коромысла. Усилие от коромысла передается через серьгу 3 и грузовой рычаг. Число оборотов счетчика 4 пропорционально перемещению груза по направляющим коромысла и нагрузке на образец.

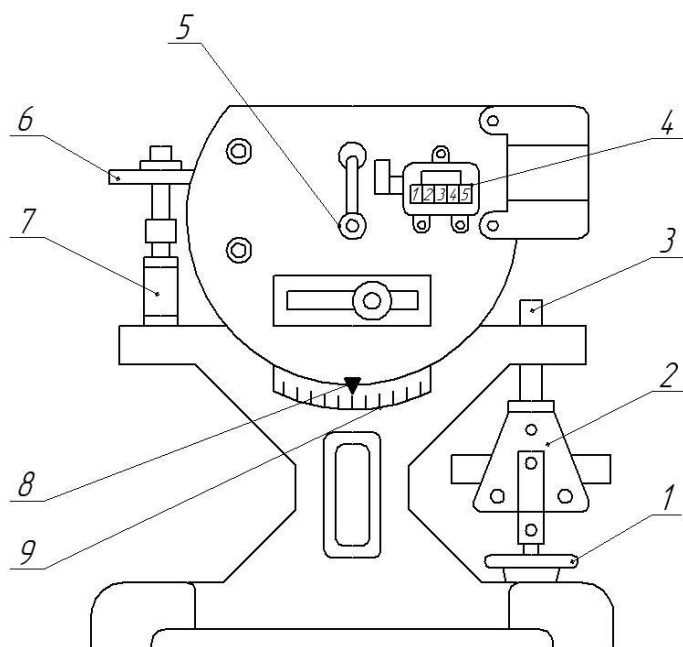


Рис. 3.12. Прибор МИИ-100.

При нагрузке образца в каждый данный момент на счетчике фиксируется напряжение изгиба (в $\text{кг}/\text{см}^2$). В момент разрушения образца коромысло падает, ударяясь хвостиком о шайбу 6 пружинного амортизатора 7. Электродвигатель при этом останавливается и на счетчике остается зафиксированным напряжение, при котором образец разрушается. Если предел прочности образца окажется больше 10 МПа ($100 \text{ кг}/\text{см}^2$), то перемещение груза автоматически прекращается.

Кинематическая схема машины обеспечивает скорость передвижения при нагружении образца и в 2-4 раза большую скорость обратного хода груза. В конце обратного хода скорость груза уменьшается до скорости нагружения. При достижении равновесного состояния движение груза автоматически прекращается. При этом стрелка 8 коромысла совпадает с нулем шкалы 9, а на счетчике 4 фиксируются одни нули. Управление машиной осуществляется с помощью рукоятки тумблера 5. Машина может быть также использована для разрыва образцов-восьмерок, если ее оборудовать захватами от прибора Михаэляса. В этом случае показание счетчика надо умножить на коэффициент 0,853.

Техническая характеристика МИИ-100 следующая: цена деления последнего цифрового барабана счетчика $0,1 \text{ кг}/\text{см}^2$ соответствует $0,4266 \text{ кг}$ тягового усилия на нижних захватах; рабочий диапазон измерений 2-10 МПа ($20-100 \text{ кг}/\text{см}^2$); погрешность показаний в пределах рабочего диапазона не более 1%; скорость нарастания нагрузки не более 10%; обратный ход - ускоренный; электродвигатель типа МШ-2, напряжение сети 220 В, частота 50 Гц; управление - при помощи тумблера.

По ГОСТ 26798.1-96 предусмотрены испытания цементных образцов на прочность на изгиб балочек размером $20 \times 20 \times 100 \text{ мм}$ (рис.13).

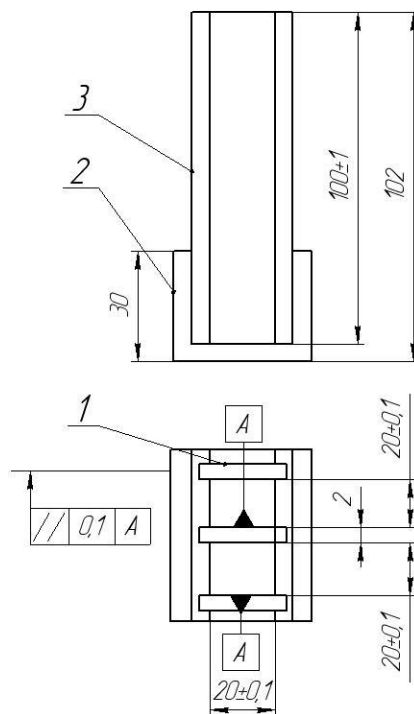


Рис. 3.13. Новая форма образцов - балочек на изгиб.

Условия испытаний те же, прибор для испытания - тот же (МИИ-100). Но для испытания на МИИ-100 необходимо использовать специальное переходное устройство. Корректирующий коэффициент вычисляется экспериментально для каждого прибора.

Порядок выполнения работы

Испытываемый образец достают из ванны, вытирают его сухой тряпкой и закладывают в захват 2 (рис. 3.14). Схема расположения образца-балочки при испытании представлена на рис. 3.15. Маховик 1 захвата заворачивают так, чтобы стрелка коромысла находилась примерно против нулевой цифры на шкале. Опусканием рукоятки 5 управления включают машину. Все последующие операции осуществляются автоматически.

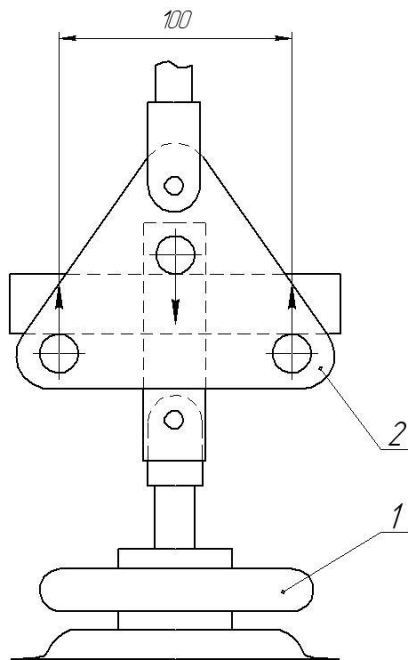


Рис. 3.14. Захват.

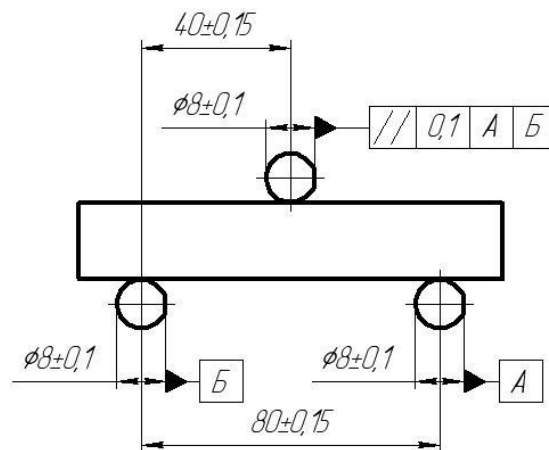


Рис. 3.15. Схема расположения образца-балочки при испытании.

После разрушения образца результат испытания списывают со счетчика в рабочий журнал, рукоятку управления переводят в верхнее положение, и машина готова к новому испытанию. Предел прочности на изгиб как среднее из испытаний трех образцов. Нормы пределов прочности, предусмотренные ГОСТ 1581-96, указаны в табл. 3.2.

Изготовление образцов, их хранение и испытание для повышенных и высоких температур

Температура воды для приготовления образцов из цемента для умеренных и высоких температур должна быть в пределах $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. Приготовление цементного раствора, подготовка форм аналогичны приготовлению, подготовке к испытанию цементов для низких, нормальных и умеренных температур.

После приготовления и разливки цементного раствора по формам, последние покрывают стеклянной пластиной и помещают в термостат с пресной водой, имеющей температуру $75\pm 3^{\circ}\text{C}$. Через 24 ч после затворения форму извлекают из термостата, быстро разбирают, образцы нумеруют и немедленно помещают в тот же термостат для последующего хранения. По истечении 24 ± 1 ч после затворения образцы извлекают из термостата, охлаждают в течение 2 ч 30 мин на воздухе при комнатной температуре и подвергают испытанию. Образцы охлаждаются на деревянных подставках.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Определение изменения пределов прочности на изгиб в зависимости от времени хранения за период 2, 15 и 30 сут. цементов для низких, нормальных и умеренных температур

Для проведения работы за исходные берутся данные после определения прочности цементных образцов через 2 сут, рассчитанной по методике, указанной выше. Одновременно приготавливаются образцы для хранения в течение 15 и 30 сут и в дальнейшем полученные результаты сравниваются с исходными. Примерный график изменения пределов прочности от времени указан на рис. 3.16.

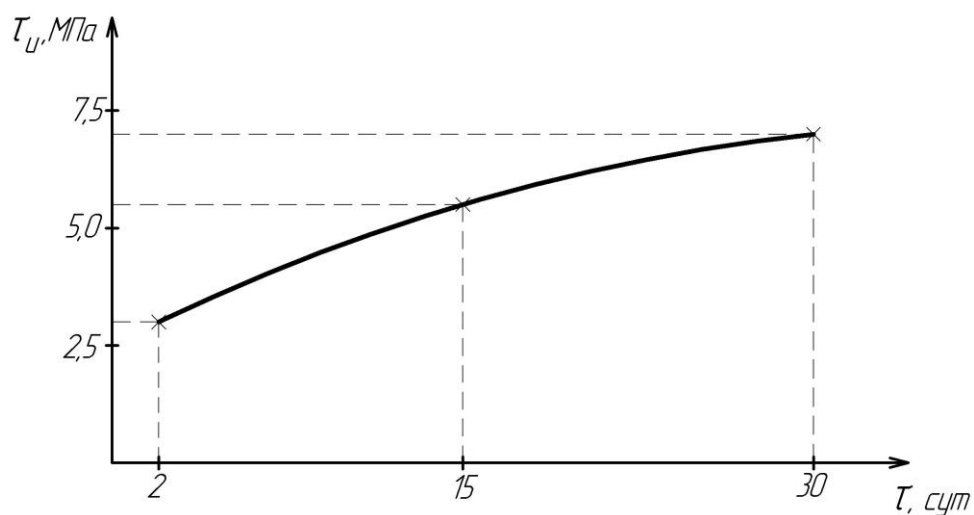


Рис. 3.16. Изменение прочности образца во времени.

Может наблюдаться сброс прочности во времени за счет коррозионных процессов в цементном камне.

Определение изменения пределов прочности цементных образцов в зависимости от температуры хранения

Сравнение прочности производится для тех образцов, которые хранились в течение 2 сут при температуре 20 ± 2 , 50 ± 2 и $75 \pm 3^\circ\text{C}$.

Примерный график изменения прочности от температуры указан на рис. 3.17.

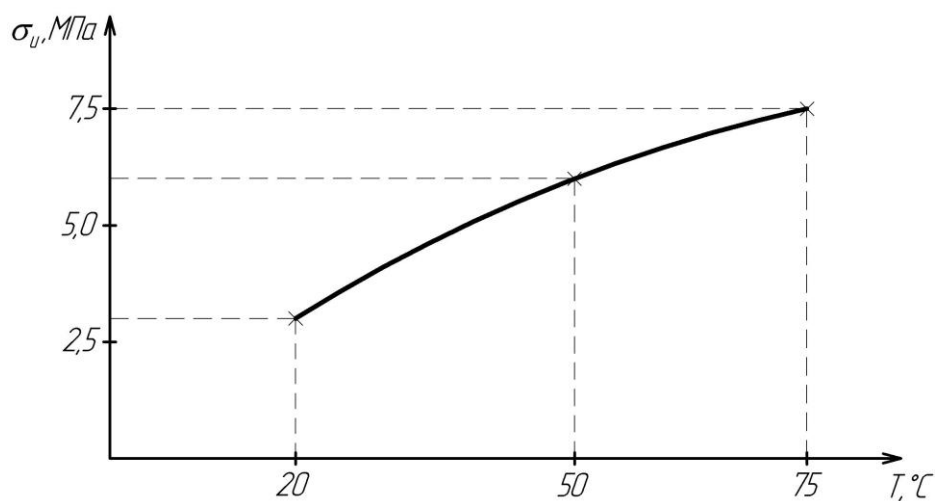


Рис. 3.17. Изменение прочности образцов от температуры

Опыт № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ СЖАТИИ

Знание прочности цементных образцов на сжатие необходимо для качественного разобобщения пластов.

Описание лабораторной установки

Для расчета прочности цементных образцов при сжатии изготавливают либо образцы в виде кубов размером, например, $5 \times 5 \times 5$ см, либо испытывают обломки призм, образовавшиеся в процессе определения прочности образцов на изгиб. В этом случае обломок призмы 3 устанавливают в прессе 1 между двумя специальными пластинами 2 размером $40 \times 62,5$ мм, через которые осуществляется сжатие прессом (рис. 3.18). Площадь поперечного сечения образца, воспринимающего нагрузку, составляет 25 см^2 .

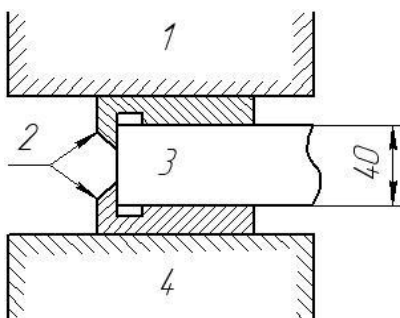


Рис. 3.18. Пластина для определения прочности образцов при сжатии.

Порядок выполнения работы

Испытывают на сжатие все 6 обломков, полученных в предыдущей работе, а за предел прочности на сжатие принимают среднее из шести значений, вычисленное с точностью до 0,1 МПа, При работе на гидравлическом прессе следует руководствоваться инструкцией.

Опыт №6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

От величины плотности цементного раствора зависит гидростатическое давление в кольцевом пространстве скважины, а также давление на насосах в процессе цементирования и степень вытеснения промывочной жидкости. В промышленной и лабораторной практике плотность растворов определяют специальными ареометрами типа АГ-1, АГ-2, АГ-3 или АГ-4.

Описание лабораторной установки

Ареометр (рис. 3.19) состоит из стакана 2, поплавка-шкалы 1 и съемного груза 3. Съемный груз прикрепляется ко дну стакана. Поплавок-шкала присоединяется к стакану прибора с помощью байонетного затвора. Прибор имеет две шкалы, градуированные в г/см^3 . Одна шкала с делениями от 0,9 до 1,8 г/см^3 , другая – от 1,7 до 2,5 г/см^3 .

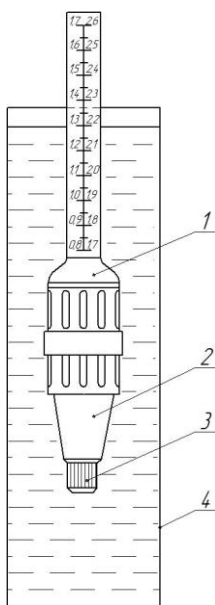


Рис. 3.19. Ареометр.

Порядок выполнения работы

Для измерения плотности с помощью ареометра необходимо иметь вертикальный сосуд (узкое высокое ведро) 4, который входит в комплект прибора. Перед измерением плотности цементного раствора следует проверить правильность показаний прибора. Для этого в стакан прибора наливают до краев чистую пресную воду и соединяют его со шкалой-поплавком. При этом необходимо следить за выдавливаемой из стакана жидкостью. Если жидкость не выдавливается, это значит, что стакан не полностью заполнен и результат измерения будет неправильным. После соединения поплавка-шкалы со стаканом прибор опускают в сосуд, заполненным той же водой. Если прибор исправен, он погрузится до отметки на шкале, равной 1,0. Затем воду из стакана выливают, а стакан внутри насухо вытирают. Для определения плотности приготавливают 400 см³ цементного раствора, на что потребуется 300 г цемента и 150 см³ воды. Стакан прибора заполняют цементным раствором, к нему присоединяют шкалу-поплавок. Выдавленный поплавком избыток цементного раствора аккуратно смывают с поверхности прибора водой. Опустив прибор в сосуд с пресной водой, по отметке на шкале ареометра против уровня воды в сосуде рассчитывают плотность цементного раствора. Если на стакане закреплен груз, то ареометром можно пользоваться для измерения растворов плотностью не более 1,8 см³. Если раствор имеет более высокую плотность, то необходимо предварительно снять груз, а плотность определять по второй шкале.

При вычислении плотности цементного раствора с помощью ареометра важно, чтобы плотность воды, в которую погружается прибор, отличалась от единицы не более чем на 0,005 г/см³. Другим источником ошибок при определении плотности является попадание воздуха в раствор (вспенивание). Это может произойти во время приготовления раствора в механической мешалке, а также при введении в раствор химических реагентов. Чтобы

избежать подобной ошибки, стакан прибора, заполненный раствором, перед измерением следует поместить в вакуумную камеру для удаления воздуха.

После измерения плотности цементного теста переведите полученный результат в $\text{кг}/\text{м}^3$.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Устанавливается изменение плотности цементного раствора в зависимости от водоцементного отношения (ВЦО). Для проведения этой работы готовится цементный раствор по методике, указанной выше, с ВЦО=0,4; 0,45; 0,55, и замеряется его плотность. Принимая во внимание и определение плотности при ВЦО=0,50, строится график изменения плотности раствора от ВЦО (рис. 3.20).

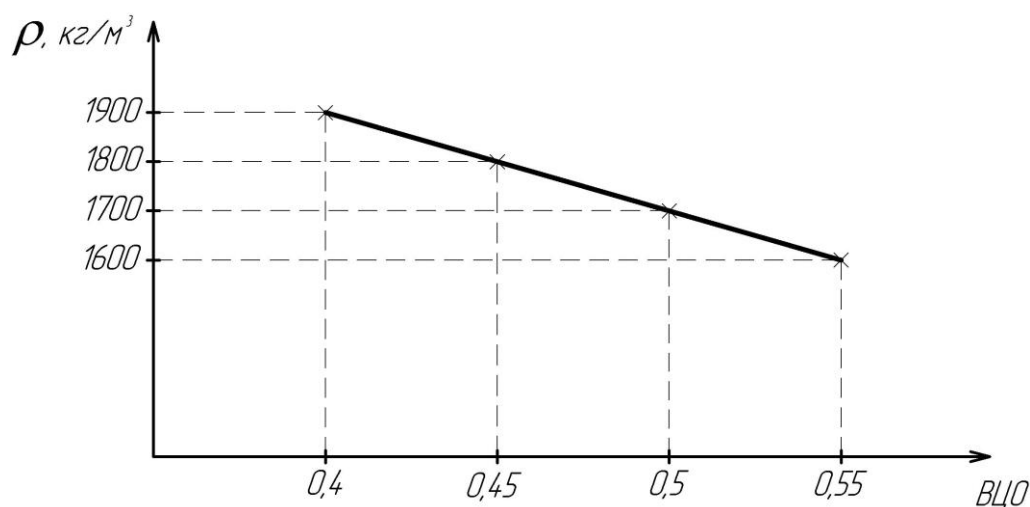


Рис. 3.20. Изменение плотности цементного раствора от ВЦО.

При большой вязкости цементного раствора можно начинать определение при ВЦО=0,45.

Опыт № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

Способность цементного раствора удерживать воду при наличии фильтрующей среды и перепада давления характеризуется скоростью водоотдачи. Скорость водоотдачи цементного раствора может быть определена с помощью прибора ВМ-6, предназначенного для измерения водоотдачи глинистых растворов.

Описание лабораторной установки

Прибор ВМ-6 (рис. 3.21) состоит из трех узлов: основания 8, напорного цилиндра и фильтрационного стакана с принадлежностями.

Фильтрационный стакан 5 на верхнем конце имеет горловину с наружной резьбой и отверстие. Нижний конец его имеет наружную резьбу. Под основанием крепится фильтровальная бумага 7.

При определении водоотдачи раствор наливается в стакан, имеющий внутри бумажный фильтр.

Узел напорного цилиндра состоит из цилиндра 3 с ввернутой в него на алюминиевой прокладке втулке с напрессованной чашкой, плунжера 1, притертого по втулке и груза-шкалы 2, укрепленного на плунжере. Шкала нанесена на прозрачной пластмассе и прикреплена к грузу винтами. Сквозь шкалу видна отсеченная риска на верхнем конце втулки цилиндра. В притертой паре плунжера - втулка возникает трение, влияющее на давление при фильтрации. Для устранения его необходимо периодически вращать рукой. Для установки шкалы прибора на "0" и с пуска масла из цилиндра в нижней части

цилиндра имеется отверстие, перекрываемое иглой 4. масло из этого отверстия сливается в чашку.

Нижний конец цилиндра 3 имеет внутреннюю резьбу для соединения с фильтрационным стаканом. Для уплотнения места соединения цилиндра со стаканом предусмотрена прокладка из резины; эту прокладку по мере износа необходимо менять.

Размеры прокладки: наружный диаметр 36 мм, диаметр отверстия 22 мм, толщина 3-4 мм.

Основание 8 – пластмассовое, в котором предусмотрено место для стекания фильтрата. Фильтрация начинается после открывания пробки 6.

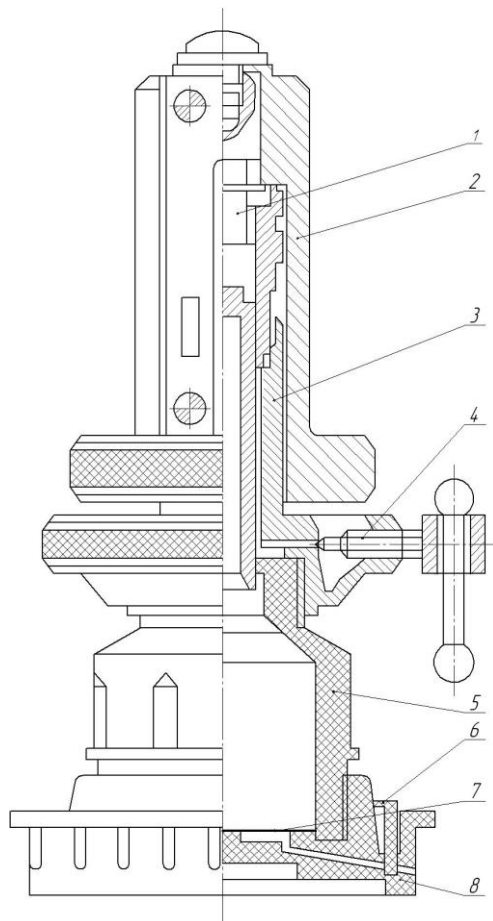


Рис. 3.21. Прибор VM-6.

Порядок выполнения работы

Приготавливают 300 см^3 цементного раствора (250 г цемента и 125 г воды). После трехминутного перемешивания раствор заливают в фильтрационный

стакан так, чтобы уровень раствора не доходил до верхнего края горловины на 4-5 мм. На горловину стакана навинчивают напорный цилиндр и заполняют его разжиженным машинным маслом. Уровень масла не должен доходить до края верхней втулки цилиндра на 5-10 мм. После этого в цилиндр вставляют поршень шкалы. Отвернув игольчатый клапан и выпустив некоторое кол-во масла, устанавливают риску, нанесенную на втулке цилиндра, против нулевого деления шкалы. Открывают клапан (вынимают пробку 8) и одновременно включают секундомер. По работающему секундомеру отмечают положение риски через 10, 15, 20, 25, 30, 45 с и 1, 2, 3, 5, 10 мин с момента открытия клапана.

Вес шкалы-груза подобран таким образом, что цементный раствор в фильтрационном стакане находится под давлением 0,1 МПа. Под давлением из обычного раствора, не способная к отделению вода, отфильтровывается за время не менее 1 мин. Однако выражать скорость водоотдачи цементного раствора принято условной величиной-водоотдачей за 30 мин, которая получается путем экстраполяции данных о количестве фильтрата, выделившегося из цементного раствора за указанные промежутки времени. Для экстраполяции строится зависимость отфильтровавшейся жидкости от времени в двойных логарифмических координатах, которая обычно представляет собой прямую линию (рис. 3.22). Продолжив эту прямую до пересечения с ординатой, соответствующей 30 мин, получают условную водоотдачу за 30 мин.

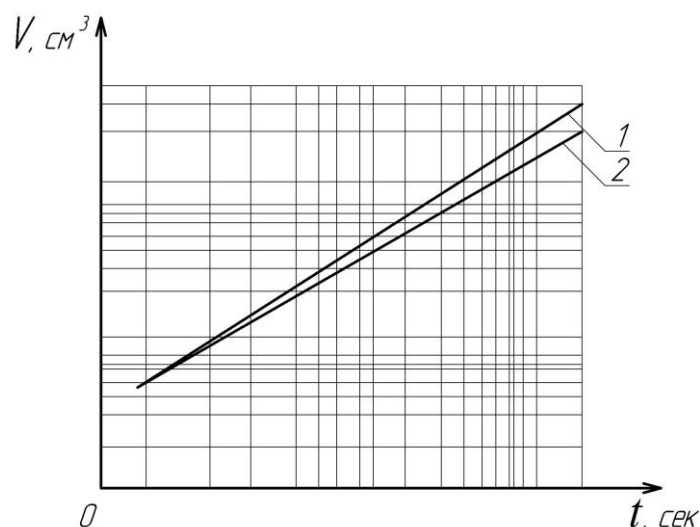


Рис. 3.22. Диаграмма для определения водоотдачи цементного раствора.

Величина условной водоотдачи может быть получена из скорости водоотдачи и расчетным путем по формуле

$$Q_{30} = Q_{\tau} \sqrt{\frac{30}{\tau}}$$

где Q_{30} - условная водоотдача за 30 мин, $см^3$.

τ - время от начала опыта, *мин*;

Q_{τ} - количество жидкости, отфильтровавшейся из цементного раствора за время τ , $см^3$.

Величина условной водоотдачи за 30 мин. Значительно превышает количество воды, содержащейся в испытуемой пробе цементного раствора. У обычных цементных растворов, приготовленных на основе стандартного тампонажного портландцемента, условная водоотдача равна примерно 600-1000 $см^3$ за 30 мин.

При работе с прибором ВМ-6 нужно иметь в виду, что градуировка шкалы выполнена с пересчетом на диаметр фильтра, равный 75 мм, тогда количество воды, выделившейся из цемента, не соответствует показаниям прибора.

При построении кривой следует отбросить первый и последний результаты отсчета (когда отделение воды прекращается).

РАЗДЕЛ № 4

ОЦЕНКА КОЛЬМАТИРУЮЩИХ СВОЙСТВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ПРОДУКТИВНЫЙ ПЛАСТ (ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ И ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРНОВ)

Цель работы: изучить влияние состава бурового раствора на проницаемость пласта и изучение измерения проницаемости коллектора в зависимости от концентрации и свойств реагентов, составляющих буровой раствор.

Основным условием рациональной разработки нефтяных месторождений является повышение коэффициента нефтеотдачи пласта с наименьшими затратами средств, энергии и труда.

Эффективность комплексных решений задачи повышения продуктивности нефтяных скважин зависит от всестороннего изучения продуктивного коллектора, геологических, литологических, физико-химических и технологических условий вскрытия продуктивного пласта в процессе бурения скважин.

При этом особое внимание должно уделяться качеству первичного вскрытия бурением нефтяного коллектора с учетом физико-химического и минералогического состава применяемых буровых растворов и материалов.

Лабораторная работа посвящена изучению влияния состава бурового раствора на проницаемость пласта и изучению измерения проницаемости коллектора в зависимости от концентрации и свойств реагентов, составляющих буровой раствор и, как следствие, изыскание путей управления процессом кольматации пористых пород при бурении глубоких скважин.

На основании практического опыта и стедовых исследований, можно сказать, что при фильтрации через пористую среду полидисперсных

суспензий, какими являются применяемые буровые растворы, вблизи фильтрующей поверхности быстро формируется заиленный участок, который вместе с фильтрационной коркой препятствует дальнейшему проникновению твердых частиц. Величина этого участка определяется размером поровых каналов, дисперсностью частиц суспензии, их гранулометрической однородностью и концентрацией и практически не зависит от перепада давления, температуры и длительности контактирования бурового раствора с пористой средой. Эта величина для утяжеленных растворов не превышает нескольких миллиметров. Мелкодисперсные частицы с размером, намного меньше диаметра пор, успевшие проникнуть глубже в период формирования заиленной зоны пористой среды, не влияют на ее проницаемость.

Разработка и совершенствование способов управляемой кольматации и закупорки проницаемых пластов при вскрытии их бурением должны отвечать определенным требованиям. Кольматация стенок ствола скважины при вскрытии проницаемых пород должна быть управляемой. Время существования кольматационной зоны может быть либо ограничено периодом цементирования, освоения и эксплуатации скважины для интервала продуктивного пласта, либо быть более продолжительным для интервала других пластов, содержащих агрессивные пластовые флюиды. При непродолжительных сроках закупорки пристволенной зоны кольматационный слой должен образовываться из материалов, легко удаляемых химическим или другим способом.

Кольматационный слой стенок в продуктивном пласте должен обеспечивать сохранение его естественных коллекторских свойств, предупреждая глубокое проникновение бурового раствора, его фильтрата и твердой фазы, надежную изоляцию друг от друга водоносных и продуктивных пластов.

Задачей данной работы является оценка влияния конкретных дисперсионных сред и дисперсионных фаз, применяемых и

рекомендованных буровых растворов на фильтрационные характеристики продуктивных пластов.

Физико-химическая природа кольматажа призабойной зоны скважин весьма сложна, так как в этом явлении переплетаются происходящие в порах породы процессы гравитации и прилипания относительно крупных взвешенных частиц, коагуляции коллоидов и различные виды сорбации растворенных в воде солей.

При кольматации проницаемой среды во времени можно выделить следующие этапы:

- снижение проницаемости по закону, близкому к прямолинейному, за счет беспрепятственного проникновения частиц твердой фазы в поровое пространство;

- закупоривание проницаемой породы с одновременным образованием на ее поверхности глинистой корки;

- фильтрация через глинистую корку, кольматация практически прекращается.

По характеру образования кольматирующих веществ и формированию осадка кольматация может быть *принудительной* и *самопроизвольной*.

В процессе кольматации пористой среды накопление кольматирующего вещества может быть непосредственно в поровом пространстве – *внутрипоровая* кольматация, на фильтрующей поверхности пористой среды – *поверхностная* кольматация.

В процессе бурения скважин наблюдается одновременный процесс внутрипоровой и поверхностной кольматации. При первичном вскрытии продуктивных пластов бурением внутрипоровая кольматация нежелательна, так как затрудняет дальнейшее освоение скважины.

Для установления общих закономерностей в измерении степени кольматации пористых коллекторов, количественного и качественного влияния буровых растворов на степень кольматации, а также определения возможности восстановления проницаемости коллекторов, необходимо

провести исследования на установке для определения коэффициентов проницаемости на алгоритму Данюшевского В.С.

Описание установки

Установка предназначена для определения газо-водо- и нефтепроницаемости как естественных – натуральных, так и искусственно приготовленных кернов, может быть использована для проведения исследований по фильтрации различных жидких сред через керн. Рис. 4.1

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Перед проведением эксперимента керны насыщаются под вакуумом до постоянного веса соответствующим флюидом (нефть, вода, дизельное топливо). Это делается для возможности определения фазовой проницаемости песчаника по данному флюиду.

На пресс-установке определяется фазовая проницаемость образцов. Фиксируемые величины:

- давления, при которых начиналась и протекала фильтрация флюида через образец ($P_{нач}$, $P_{проц.}$, атм);
- удельный расход фильтрата (q , см³/с) за определенный отрезок времени.

Перед началом опыта фиксируется температура (T , °С) и атмосферное давление в лаборатории ($P_{атм}$, атм). Определяется прямая проницаемость ($K_{п}$) для соответствующего флюида.

Проницаемость рассчитывается на компьютере, по программе, разработанной на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин», с использованием зависимости степени фильтрации от давления во времени по закону Дарси.

При расчете учитывается атмосферное давление и температура воздуха в лаборатории, вязкость фильтрующего агента ($\mu_{ф.а.}$, спз).

Испытуемым буровым раствором кольматируются искусственные керны при давлении кольматации ($P_{\text{кол}}$) 30 атм.

У закольматированного образца определяется обратная проницаемость (K_0) в направлении, противоположном кольматации, т.е. имитируется процесс освоения скважины.

По полученным данным производится оценка кольматирующей способности промывочной жидкости по *коэффициенту потери проницаемости* пласта:

$$K_{\text{п.п.}} = \frac{K_{\text{п}} - K_0}{K_{\text{п}}};$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент прямой проницаемости керна;

K_0 – коэффициент обратной проницаемости керна после кольматации в направлении, обратном кольматации.

Относительную сохраненную первичную проницаемость в % можно определить так:

$$K_{\text{о.с.п.}} = \frac{K_0}{K_{\text{п}}} \cdot 100\%;$$

Из данных анализа проведенных исследований делается вывод о качестве бурового раствора в плане воздействия его на фильтрационные характеристики пласта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калинин А.Г., Ганджумян И.Р., мессер А.Г., Справочник инженера-технолога по бурению глубоких скважин. М.: Недра, 2005.
2. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург, 2005.
3. Булатов А. И., Макаренко П. П., Проселков Ю. М. Буровые промывочные и тампонажные растворы. М.: Недра, 1999.
4. Ермолаева Л.В. Буровые растворы. Учебное пособие /Самар. гос. техн. ун-т, Самара, 2005.
5. Булатов А.И., Пеньков А.И., Проселков Ю.М. Справочник по промывке скважин. М.: Недра, 1984.
6. Середа Н. Г. Соловьев Е. М. Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1988.
7. Булатов А.И., Аветисов А.Г. Справочник инженера по бурению. М.: Недра, 1985.
8. Рябченко В.И., Управление свойствами буровых растворов. М.: Недра, 1990.
9. Мильштейн В.М. Цементирование буровых скважин. Краснодар, 2003.
10. Булатов А.И. Тампонажные материалы и технология цементирования скважин. – М.: Недра, 1991.
11. Цементы тампонажные. Методы испытаний. ГОСТ 26798.1-96. МНТКС - М.: Минземстрой, ГУП ЦПП, 1998.
12. ГОСТ 26798.2-96. Цементы тампонажные типов I-G и I-H. Методы испытаний. МНТКС. М.: Минземстрой, ГУП ЦПП, 1998.
13. Цементы тампонажные типов I-G и I-H. Методы испытаний. ГОСТ 26798.2-96. МНТКС - М.: Минземстрой, ГУП ЦПП, 1998.
14. Методические указания к лабораторным работам по цементированию скважин/ МИНХ и ГП; Сост. А.И. Ведищев, В.С. Данюшевский, И.Ф. Толстых. М., 1974.
15. Методические указания к лабораторным работам / Самар. гос. техн. ун-т; Сост. С.А. Волостнов, В.В. Живаева. Самара, 1997.

16. ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия. Госстрой России М.: ГУП ЦПП, 1998.
17. ГОСТ 1581-96. Портландцементы тампонажные. Технические условия. МНТКС. М.: Минземстрой, ГУП ЦПП, 1998.