

|  |
| --- |
| **ПРИЛОЖЕНИЕ 5**  **К ТИПОВЫМ ТРЕБОВАНИЯМ КОМПАНИИ**  **«ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ»** |

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ СОСТАВОВ   
ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**№ П2-05.01 Р-0327**

**ВЕРСИЯ 2**

**МОСКВА**

**2024**

СОДЕРЖАНИЕ

[1. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ ИЗ РАБОЧЕГО РАСТВОРА СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 3](#_Toc160118982)

[2. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ДЕСТРУКТОРАМИ 5](#_Toc160118983)

[3. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СТАБИЛЬНОСТИ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 8](#_Toc160118984)

[4. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ 10](#_Toc160118985)

[5. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 12](#_Toc160118986)

[6. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ МАССЫ 14](#_Toc160118987)

[7. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СОВМЕСТИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ С РАБОЧИМ РАСТВОРОМ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 18](#_Toc160118988)

[8. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ С РАБОЧИМ РАСТВОРОМ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 19](#_Toc160118989)

[9. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 21](#_Toc160118990)

[10. ПРОВЕДЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 22](#_Toc160118991)

[10.1. ПРОВЕДЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ПО ИЗОЛИРУЕМОМУ ФЛЮИДУ (ВОДА, ГАЗ) ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПРОДУКТИВНОГО ПРОПЛАСТКА (НЕФТЕНАСЫЩЕННЫЙ, ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ) 22](#_Toc160118992)

[11. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ БЛОКИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ 26](#_Toc160118993)

[12. ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ КРАТНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЕНЫ 29](#_Toc160118994)

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ ИЗ РАБОЧЕГО РАСТВОРА СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке времени образования тампонажного камня из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в полевых (промысловых) условиях.

**Сущность метода**

Оценка времени образования тампонажного камня из рабочего раствора состава для РИР проводится путем определения промежутка времени между моментом начала термостатирования рабочего раствора исследуемого состава и моментом его отверждения до камнеподобного состояния.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Трамбовочный стержень из некорродирующего металла.
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающие температуру в рабочем объеме от плюс 25 до плюс 90 °C с допустимой погрешностью ± 2 °C.
3. Бутылки пластиковые объемом 500-1000 см3 с пробкой.

**Проведение испытаний**

Перед закачкой в скважину приготовленного рабочего раствора состава для РИР производится отбор пробы в объеме не менее 500 см3. Отобранная проба состава помещается в пластиковую бутылку с пробкой и термостатируется при статической температуре на забое. Фиксируется время начала термостатирования.

*Примечание: метод отбора проб должен обеспечить отбор чистого рабочего раствора состава для РИР без загрязнения посторонними жидкостями. Время приготовления рабочего раствора состава для РИР и время начала его термостатирования должны быть максимально близкими.*

При закачке приготовленного рабочего раствора состава для РИР в скважину параллельно проводится визуальная оценка текучести термостатируемой пробы рабочего раствора в пластиковой бутылке с пробкой.

Текучесть рабочего раствора оценивается путем наклона пластиковой бутылки и визуального определения состояния рабочего раствора.

*Примечание: в течение всего процесса закачки рабочего раствора состава для РИР в скважину отобранная термостатируемая в пластиковой бутылке проба должна оставаться текучей. В случае если в процессе закачки рабочего раствора в скважину отобранная проба потеряла текучесть, исполнителем работ составляется акт в произвольной форме.*

После завершения закачки рабочего раствора состава для РИР в скважину отобранная проба в пластиковой бутылке (должна быть текучей) извлекается из термостата или водяной бани (фиксируется время извлечения и проводится фотофиксация внешнего вида рабочего раствора под разными углами наклона бутылки) и передается в ИЛ/ИЦ. При этом сообщаются следующие данные: место отбора пробы (номер скважины, наименование месторождения); дата и время приготовления рабочего раствора; температура, при которой проводилось его термостатирование; время начала и завершения термостатирования. ИЛ/ИЦ принимает пробу рабочего раствора состава для РИР по принятой в данной лаборатории процедуре. Обязательно указывается время поступления пробы в лабораторию; ее состояние – текучая / нетекучая; проводится фотофиксация.

*Примечание: в случае отверждения пробы рабочего раствора состава для РИР до камнеподобного состояния при её транспортировке в ИЛ/ИЦ, составляется акт в произвольной форме. Промежуток времени между началом термостатирования пробы в промысловых условиях и поступлением пробы в лабораторию (либо моментом отверждения пробы рабочего раствора, зафиксированным работниками, осуществлявшими транспортировку пробы) является ориентировочным временем образования тампонажного камня из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в полевых (промысловых) условиях.*

В ИЛ/ИЦ проводится дальнейшее термостатирование полученной пробы рабочего раствора состава для РИР при указанной температуре. При этом каждый час проводится штыковка термостатируемой пробы трамбовочным стержнем. За время образования тампонажного камня из рабочего раствора состава для РИР принимается время, когда образец исследуемой пробы перестает деформироваться (продавливаться) при сильном нажатии на него трамбовочным стержнем.

В произвольной форме составляется отчет о проведенном испытании. В отчете обязательно указывается: место отбора пробы (номер скважины, наименование месторождения); дата и время поступления пробы в ИЛ/ИЦ; дата и время начала и завершения термостатирования в промысловых и лабораторных условиях; температура, при которой проводилось его термостатирование; состояние пробы. Прилагаются фотографии. В отчете также приводится общее время термостатирования рабочего раствора состава для РИР, рассчитанное по формуле (1):

, (1)

где:

Тобщ – общее время термостатирования рабочего раствора состава для РИР, ч-мм;

Т1-п – время завершения термостатирования в промысловых условиях, ч-мм;

Т0-п – время начала термостатирования в промысловых условиях, ч-мм;

Т1-л – время завершения термостатирования в лабораторных условиях, ч-мм;

Т0-л – время начала термостатирования в лабораторных условиях, ч-мм.

Тобщ – является ориентировочным временем образования тампонажного камня из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в полевых (промысловых) условиях.

*Примечание: общее время термостатирования отобранной пробы рабочего раствора состава для РИР не должно превышать ожидаемое время ОЗЦ в скважинных условиях или не должно превышать 72 ч. При превышении проводится анализ возможных причин, которые указываются в отчете.*

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ДЕСТРУКТОРАМИ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке возможности разрушения готового состава для РИР (рабочего раствора или ИМ на его основе) деструкторами.

**Сущность метода**

Оценка возможности разрушения состава для РИР деструкторами проводится путем визуальной оценки внешнего вида состава для РИР до воздействия на него деструктором и после воздействия, либо гравиметрическим способом.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Весы лабораторные по Национальному стандарту ГОСТ Р 53228-2008 «Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания», 3-го класса точности с погрешностью ±0,1 г.
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.
3. Стеклянные или пластиковые банки с винтовой крышкой объемом 0,1-0,5 дм3.
4. Вода дистиллированная по Национальному стандарту ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия».
5. Бумага фильтровальная лабораторная по Межгосударственному стандарту   
   ГОСТ 12026-76 «Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия».
6. Кислота соляная х.ч. по Государственному стандарту ГОСТ 3118-77 «Кислота соляная. Технические условия» или синтетическая техническая по Межгосударственному стандарту ГОСТ 857-95 «Кислота соляная синтетическая техническая. Технические условия».
7. Натр едкий х.ч. по Межгосударственному стандарту ГОСТ 4328-77 «Натрия гидроокись. Технические условия».
8. Перекись водорода медицинская по Межгосударственному стандарту ГОСТ 177-88 «Водорода перекись. Технические условия».
9. Гипохлорит натрия марка А по Государственному стандарту ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия. Технические условия».

**Проведение испытаний**

Согласно инструкции производителя готовится рабочий раствор состава для РИР. Рецептура состава берется на основании рекомендаций производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

В случае отверждающихся, гелирующихся, водонабухающих и ООС для РИР, полученный рабочий раствор выдерживается при пластовой температуре объекта испытания в течение времени, достаточного для образования ИМ. Время образования ИМ указывается в инструкции производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

Количество ИМ, полученной при отверждении составов для РИР на основе портландцементов, неорганических вяжущих материалов и тампонажных смол, представляющей собой твердую камнеподобную субстанцию, должно быть не менее 10 г.

Количество ИМ, полученной на основе составов для РИР, образующих непроницаемый экран, должно быть не менее 50 мл.

Для составов на основе суспензионных растворов и обратных эмульсий, не образующих ИМ, приготовленный рабочий раствор должен быть в объеме не менее 50 мл.

В емкости (банки) с ИМ или рабочим раствором состава для РИР добавляется необходимое количество раствора деструктора.

В случае ИМ на основе тампонажного камня рекомендуемый объем раствора деструктора должен быть таким, чтобы полностью покрывать всю поверхность ИМ. Во всех остальных случаях соотношение ИМ/рабочего раствора и раствора деструктора должно быть равно один к одному по объему (если в инструкции производителя деструктора не указано другое соотношение).

В качестве растворов деструкторов в зависимости от химической природы состава для РИР могут выступать:

* растворы соляной кислоты;
* растворы гидроксида натрия;
* растворы на основе гипохлорита натрия;
* растворы на основе пероксида водорода;
* деэмульгаторы (в случае обратных эмульсий);
* фирменные деструкторы от производителя состава для РИР;
* иные деструкторы по согласованию с заказчиком исследований.

Емкости (банки) с ИМ/рабочим раствором состава для РИР и раствором деструктора выдерживаются при пластовой температуре объекта испытания в течение 1 ч; 3 ч; 6 ч; 24 ч. При этом отмечается степень разрушения ИМ/рабочего раствора состава для РИР.

Степень разрушения ИМ на основе тампонажного камня определяется гравиметрически. Нерастворившийся остаток ИМ промывается дистиллированной водой, высушивается до постоянной массы и взвешивается с точностью 0,1 г. Степень разрушения (СР, %) определяется по формуле:

где:

mисх – исходная масса ИМ, г;

mост– масса остатка ИМ, г.

Во всех остальных случаях степень разрушения ИМ/рабочего раствора состава для РИР определяется визуально: разрушен / не разрушен / частично разрушен.

К отчету о проведенных ЛИ в обязательном порядке прилагаются фотографии внешнего вида исходного состава для РИР; сразу после добавления деструктора к составу для РИР; после термостатирования.

*Примечание: если подобранный деструктор является реагентом, ранее не применяемым на целевом месторождении, то проводятся дополнительные исследования согласно Таблице 1.*

Таблица 1

**Требования к качеству подобранного деструктора**

| **ПОКАЗАТЕЛЬ** | **ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ** | **МЕТОД И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ** |
| --- | --- | --- |
| Совместимость рабочего раствора деструктора с технологическими жидкостями | Должен быть химически совместим.  Рекомендация при отсутствии совместимости – использование совместимых разделительных буферов | Согласно разделу 7 Приложения 5 к настоящим Типовым требованиям.  Тест выполняется при пластовой температуре |
| Скорость коррозии стали в рабочем растворе деструктора | При температуре на забое ниже 93 0C скорость коррозии за 12 часов не должна превышать значения 0,009765 г/см² (9,1 мм/год);  При температуре на забое выше 93 0C скорость коррозии за 12 ч не должна превышать 0,02412 г/cм² (22,5 мм/год) | Согласно разделу 3 Приложения 8 Типовых требований Компании № П1-01.03 ТИ-0002 «Обеспечение и контроль качества при проведении гидроразрыва пласта, кислотного гидроразрыва пласта и большеобъемной кислотной обработки призабойной зоны».  Тест выполняется при пластовой температуре в течение 12 ч |

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СТАБИЛЬНОСТИ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке стабильности готового состава для РИР (рабочего раствора или ИМ на его основе).

**Сущность метода**

Оценка стабильности состава для РИР проводится путем визуальной оценки внешнего вида состава для РИР, либо путем сравнения его прочностных характеристик до выдержки при пластовой температуре и после выдержки.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Пресс для испытания на сжатие по Государственному стандарту ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования» или ASTM C 109.
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.
3. Стеклянные или пластиковые банки с винтовой крышкой объемом 0,1-0,5 дм3.
4. Вода дистиллированная по Национальному стандарту ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия».
5. Бумага фильтровальная лабораторная по Межгосударственному стандарту   
   ГОСТ 12026-76 «Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия».

**Проведение испытаний**

***Составы для РИР на основе тампонажных цементов, смол и неорганических вяжущих материалов***

В соответствии с Межгосударственным стандартом ГОСТ 34532-2019 «Цементы тампонажные. Методы испытаний», Международным стандартом ISO 10426-1:2010 «Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин. Часть 1. Технические условия», Международным стандартом ISO 10426-2:2003 «Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин. Часть 2. Испытание цементов для скважин» или инструкции производителя готовятся образцы тампонажного камня. Рецептура состава для РИР берется на основании рекомендаций производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

В емкости (банки) к полученным образцам тампонажного камня заливается ПДВ или ее модель соответствующего месторождения (где планируется применение состава для РИР). Объем ПДВ или ее модели должен быть таким, чтобы полностью покрывать образец тампонажного камня.

Емкости (банки) с образцом тампонажного камня в объеме ПДВ или ее модели выдерживаются при заданной температуре испытания в течение 120 часов (15 рабочих дней циклами по 8 часов).

Далее образцы тампонажного камня извлекаются из емкости (банки) и определяется их прочность согласно Международному стандарту ISO 10426-2:2003 «Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин. Часть 2. Испытание цементов для скважин».

Тампонажный камень на основе состава для РИР считается стабильным (термостабильным), если его прочность через 120 ч выдержки в контакте с ПДВ или ее модели при пластовой температуре не ниже прочности аналогичного образца тампонажного камня до выдержки (определяется предварительно согласно Международному стандарту ISO 10426-2:2003 «Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин. Часть 2. Испытание цементов для скважин»).

***Составы для РИР на основе гелеосадкообразующих и водонабухающих реагентов***

Согласно инструкции производителя готовится рабочий раствор состава для РИР. Рецептура состава берется на основании рекомендаций производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

Полученный рабочий раствор выдерживается при пластовой температуре объекта испытания в течение времени достаточном для образования ИМ. Время образования ИМ указывается в инструкции производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

Объем ИМ должен быть не менее 50 мл.

В емкости (банки) к полученным образцам ИМ заливается ПДВ или ее модель соответствующего месторождения (где планируется применение состава для РИР). Объем ПДВ или ее модели должен быть равным объему ИМ.

Емкости (банки) с образцом ИМ и ПДВ или ее модели выдерживаются при заданной температуре испытания в течение 120 часов (15 рабочих дней циклами по 8 часов).

Далее проводится визуальный контроль ИМ.

*ИМ на основе состава для РИР считается стабильной (термостабильной), если после выдержки не наблюдаются визуальные ее изменения – усадка, синерезис, растворение.*

***Составы для РИР, не образующие ИМ (МФП, суспензии, растворы ПАВ)***

Согласно инструкции производителя готовится рабочий раствор состава для РИР. Рецептура состава берется на основании рекомендаций производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

Полученный рабочий раствор заливается в две банки в объеме не менее 50 мл. Далее одну банку с раствором выдерживают при комнатной температуре (15-25 0С), а другую – при пластовой температуре планируемого объекта испытания. Тест проводится в течение 8 ч.

Далее проводится визуальный контроль рабочего раствора состава для РИР.

*Рабочий раствор состава для РИР считается стабильным (термостабильным), если после выдержки не наблюдаются визуальные его изменения – выпадение осадка, фазовое расслоение или иные изменения, указанные в инструкции по применению состава.*

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по определению прочности сцепления (адгезии) тампонажного камня, полученного на основе состава для РИР, с металлической поверхностью.

**Сущность метода**

Определение прочности сцепления (адгезии) тампонажного камня с металлической поверхностью проводится путем измерения с помощью гидравлического пресса сопротивления выдавливанию отвержденных образцов составов для РИР из металлической формы.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Пресс для испытания на сжатие по Государственному стандарту ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования» или ASTM C 109.
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.
3. Уайт-спирит, бензин или иной углеводородный растворитель для обезжиривания металлической поверхности.
4. Форма для проведения испытания.

**Общие требования к форме для проведения испытания**

Металлическая форма для проведения испытания должна обеспечивать возможность выполнения данного теста по выдавливанию отвержденного образца состава для РИР.

Пример металлической формы, позволяющей определять прочность сцепления (адгезии) тампонажного камня с металлической поверхностью как по внутреннему кольцу, так и по внешнему, показан на Рисунке 1.



Рис. 1 Форма для определения прочности сцепления исследуемого состава для РИР с металлической поверхностью

Перед испытанием металлическую форму необходимо очистить от механических загрязнений, отшлифовать и обезжирить легколетучим углеводородным растворителем.

Допускается по согласованию с заказчиком испытаний перед заливкой рабочего раствора состава для РИР обработать стенки формы нефтесодержащей жидкостью для имитации углеводородной пленки на стенках труб, например в межколонном пространстве.

**Проведение испытаний**

Приготовленный рабочий раствор состава для РИР заливается в металлическую форму для проведения испытания. Проводится отверждение рабочего раствора при пластовой температуре объекта применения в течение времени достаточном для образования ИМ. Время образования ИМ указывается в инструкции производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.

Далее с помощью испытательной машины проводится выдавливание отвержденного образца состава для РИР из металлической формы.

Рекомендуются следующие условия проведения испытания:

* начальное усилие – 0,15 кН;
* скорость возрастания усилия – 0,015 кН/с;
* остановка теста – снижение усилия на 15%.

При изменении данных параметров в отчете по проведенному испытанию приводятся фактические условия проведения испытания.

Рекомендуется проводить не менее трех измерений.

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по определению реологических характеристик готового состава для РИР (рабочего раствора и (или) ИМ на его основе).

**Сущность метода**

Определение реологических характеристик состава для РИР проводится путем измерения его вязкости на ротационном вискозиметре, либо на стеклянном капиллярном вискозиметре.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Ротационные вискозиметры (и реометры) типа VT-550, RheоStress-1, MARS II (фирма «Haake», Германия), «Brookfield», «Chandler», «Anton Paar» и других марок.
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.

Реологическое тестирование составов для РИР (рабочих растворов и ИМ на их основе) позволяет определить следующие показатели:

* динамическая или эффективная (кажущаяся) вязкость (η, Па∙с) – отношение применяемого напряжения сдвига к скорости сдвига. Является суммой вязкостного и прочностного сопротивления течению состава для РИР. Для ньютоновских жидкостей не зависит от скорости сдвига. Эффективная вязкость это динамическая вязкость при данной скорости сдвига;
* предельное напряжение сдвига или начальная деформация сдвига (******,, Па) – прочность структурной сетки, которую необходимо разрушить для обеспечения течения ИМ состава РИР в начальный момент. Предельное напряжение сдвига можно использовать в качестве параметра для оценки эффективности состава для РИР. Предельное напряжение сдвига у системы в определенной степени характеризует наличие свойств твердого тела – чтобы началась деформация необходимо приложить некоторое напряжение сдвига. Чем выше предельное напряжение сдвига, тем больше сопротивление системы при малых скоростях сдвига и тем выше ее изолирующая способность.

**Проведение испытаний**

***Рабочий раствор состава для РИР***

Эффективная вязкость рабочих растворов составов для РИР определяется с помощью ротационных вискозиметров при температуре 20 °С и пластовой (при необходимости).

Рабочий раствор состава для РИР помещается в измерительную ячейку ротационного вискозиметра. Согласно инструкции на оборудование снимается кривая течения (зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига) и (или) кривая вязкости (зависимость вязкости от скорости сдвига) рабочего раствора в диапазоне скорости сдвига от 0,1 до 300 с‑1, при этом фиксируется не менее 10 значений вязкости при различной скорости сдвига.

По полученным данным строят график в координатах: «скорость сдвига, с-1» − «эффективная вязкость, Па∙с». График прилагают к отчету о проведенных ЛИ.

Для ньютоновских жидкостей допускается определение динамической вязкости согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 33-2016 (ИСО 3104:1994) «Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости»/ Межгосударственному стандарту ГОСТ 33768-2015 «Метод определения кинематической вязкости и расчет динамической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей».

***ИМ на основе состава для РИР***

Эффективная вязкость ИМ, полученной на основе рабочего раствора состава для РИР, определяется с помощью ротационных вискозиметров при пластовой температуре объекта применения.

ИМ состава для РИР помещается в измерительную ячейку ротационного вискозиметра. Согласно инструкции на оборудование снимается кривая течения (зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига) и (или) кривая вязкости (зависимость вязкости от скорости сдвига) рабочего раствора в диапазоне скорости сдвига от 0,1 до 300 с‑1, при этом фиксируется не менее 20 значений вязкости при различной скорости сдвига.

По полученным данным строят график в координатах: «скорость сдвига, с-1» − «эффективная вязкость, Па∙с». График прилагают к отчету о проведенных ЛИ. По полученным данным строят график в координатах: «скорость сдвига, с-1» − «эффективная вязкость, Па∙с». График прилагают к отчету о проведенных ЛИ.

*Примечание: При образовании ИМ, загрузка которой в ячейку ротационного вискозиметра невозможна без разрушения, получение ИМ допускается производить непосредственно в ячейке ротационного вискозиметра.*

Предельное напряжение сдвига ИМ состава для РИР (в том числе составов на основе обратных эмульсий) можно определить на ротационном вискозиметре двумя способами:

* сдвиговым тестом с пошаговым увеличением напряжения сдвига и измерением возникающей скорости сдвига (предпочтительный вариант). Значение предельного напряжения сдвига определяется как среднее значение напряжения при изменении скорости сдвига от нулевой к последующей минимальной;
* математической обработкой кривых течения с помощью программного обеспечения вискозиметра, которая заключается в подборе наиболее соответствующей реологической модели из следующих:
* модель Шведова-Бингама ;
* модель Гершеля-Балкли ,

где:

****** – напряжение сдвига (Па);

******предельное напряжение сдвига (Па);

***η*** – пластическая вязкость (Па∙с);

**γ** – скорость сдвига (с-1);

***K*** – консистентность (Па∙с);

***n*** – степень неньютоновости.

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ МАССЫ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке времени образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного как в лабораторных, так и в промысловых условиях.

*Примечание:*

1. *Тест* ***в лабораторных условиях*** *проводится с целью определения времени образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного по разным рецептурам. По полученным данным выбирается наиболее подходящая рецептура для целевых условий применения. Время образования ИМ является важнейшей технологической характеристикой состава для РИР, характеризующей временной интервал, в течение которого рабочий раствор состава для РИР с момента его приготовления остается текучим и может быть закачан в скважину и в целевую зону. Необходимое время образования ИМ определяется в каждом конкретном случае исходя из требования безаварийной доставки состава в целевую зону, т.е. состав не должен потерять текучесть в процессе его закачки. Необходимое (безопасное) время образования ИМ подбирается путем варьирования дозировок компонентов состава для РИР, либо иным способом в соответствии с рекомендациями производителя состава.*

*Максимально допустимое время образования ИМ принимается равным 24 часам с учетом требования недопустимости необоснованного увеличения продолжительности ремонта скважины.*

*Заказчиком может устанавливаться оптимальное время образования ИМ с учетом особенностей ГТУ и технологии применения состава для РИР.*

1. *Тест* ***в промысловых условиях*** *проводится с целью оценки корректности приготовления рабочего раствора состава для РИР в полевых условиях по рецептуре, разработанной для данных условий в ИЛ/ИЦ.*

**Сущность метода**

Оценка времени образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР проводится путем определения промежутка времени между моментом начала термостатирования рабочего раствора исследуемого состава и потерей его текучести.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры: от 0 до + 150 °С (для проведения теста в лабораторных условиях); от плюс 25 до плюс 90 °С (для проведения теста в промысловых условиях).
2. Стеклянные банки с винтовой крышкой объемом 0,1-0,5 дм3.
3. Бутылки пластиковые объемом 500-1000 см3 с пробкой.

**Проведение испытаний в лабораторных условиях**

Согласно инструкции производителя готовится рабочий раствор состава для РИР в объеме не менее 50 мл. Рецептура состава берется на основании рекомендаций производителя.

Готовый рабочий раствор заливается в стеклянную банку с винтовой крышкой и термостатируется при пластовой температуре целевого объекта применения.

Каждые 0,5 ч проводится визуальная оценка текучести термостатируемой пробы рабочего раствора в стеклянной банке. Фиксируются следующие наблюдения: рабочий раствор течет в полном объеме / рабочий раствор течет частично (нижний слой рабочего раствора текучесть потерял, верхний слой подвижный) / рабочий раствор не течет.

Временем образования ИМ является промежуток времени с момента начала термостатирования рабочего раствора при пластовой температуре и до момента полной потери текучести.

В отчете о проведенных испытаниях в обязательном порядке приводятся фотографии рабочего раствора состава для РИР в текучем состоянии и после потери текучести. По возможности также прилагают фотографии частично текучего рабочего раствора.

*Примечание: рекомендуется результаты определения приводить в форме таблицы с указанием промежутка времени от момента начала термостатирования до момента проведения наблюдения / соответствующее описание сделанного наблюдения / фотография. По возможности необходимо определить промежуточное время образования ИМ, т.е. момент времени, когда рабочий раствор визуально набирает вязкость, густеет или частично начинает терять текучесть.*

*Результаты по оценке промежуточного времени образования ИМ позволяют максимально точно определить безопасный промежуток времени, в течение которого возможна закачка рабочего состава для РИР в скважину без осложнений.*

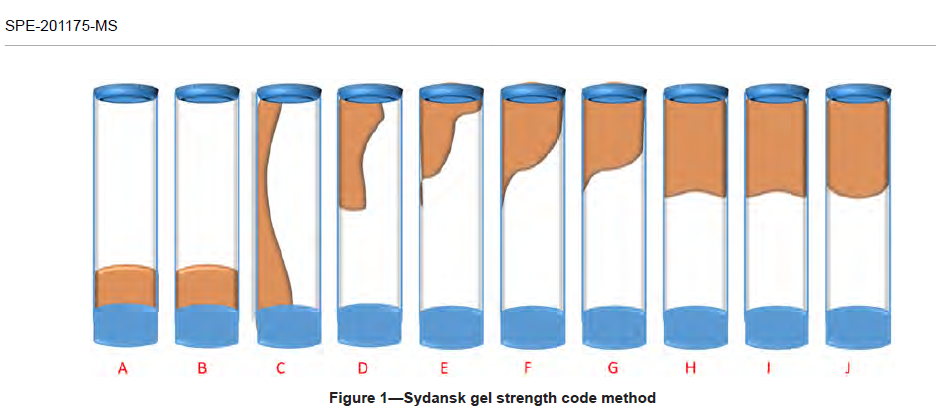
Для ВУС рекомендуется определять момент образования ИМ (сшитого геля) согласно Таблице 2 и Рисунка 2.

**Таблица 2**

**Типы полимерных гелей [Sydansk R.D. A Newly Developed Chromium (III) Gel Technology // SPE Reservoir Engineering. – Vol. 5. – Num. 3. – 1990. – Pp. 346-352]**

| **БУКВЕННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПА ГЕЛЯ** | **ПОВЕДЕНИЕ ПРИ ПЕРЕВОРАЧИВАНИИ ЕМКОСТИ С ОБРАЗЦОМ** |
| --- | --- |
| A | *Гель не образовался.* Гель имеет ту же вязкость (текучесть), что исходный полимерный раствор, и визуально не обнаруживается |
| B | *Очень текучий гель.* Гель немного более вязкий, чем исходный полимерный раствор |
| C | *Текучий гель.* Большая часть очевидно обнаружимого геля течет к крышке емкости |
| **D** | ***Умеренно текучий гель.* Небольшая часть (приблизительно 5-15%) геля не течет к крышке – обычно характеризуется как гель с «языком» (гель после «вывешивания» при наклоне емкости может затечь обратно, если медленно вернуть емкость в вертикальное положение)** |
| E | *Слегка текучий гель.* Гель медленно течет к крышке и (или) существенная часть (>15%) геля не течет |
| F | *Легко деформируемый нетекучий гель.* Гель не достигает крышки (потоки геля недостаточны для достижения крышки) |
| G | *Умеренно деформируемый нетекучий гель.* Потоки геля останавливаются на полпути к крышке |
| H | *Слегка деформируемый нетекучий гель.* Только поверхность геля немного деформируется |
| I | *Жесткий гель.* Поверхность геля не деформируется |
| J | *«Звенящий» жесткий гель.* Ощущается механическая вибрация, сходная с вибрацией камертона, при постукивании емкости |

За время образования геля принимается время, когда явно можно наблюдать проявление образцом упругих свойств – обнаружение так называемого полимерного «языка» (тип геля D). Т.е., временем образования ИМ на основе ВУС (временем гелеобразования) является промежуток времени с момента начала термостатирования рабочего раствора при пластовой температуре и до момента образования геля типа D.



**Рис. 2 Внешний вид гелей согласно классификации Sydansk R.D. [SPE-201175-MS]**

**Проведение испытаний в промысловых условиях**

Перед закачкой в скважину приготовленного рабочего раствора состава для РИР производится отбор пробы в объеме не менее 500 см3. Отобранная проба состава помещается в пластиковую бутылку с пробкой и термостатируется при статической температуре на забое. Фиксируется время начала термостатирования.

*Примечание: метод отбора проб должен обеспечить отбор чистого рабочего раствора состава для РИР без загрязнения посторонними жидкостями. Время приготовления рабочего раствора состава для РИР и время начала его термостатирования должны быть максимально близкими.*

При закачке приготовленного рабочего раствора состава для РИР в скважину параллельно проводится визуальная оценка текучести термостатируемой пробы рабочего раствора в пластиковой бутылке с пробкой.

Текучесть рабочего раствора оценивается путем наклона пластиковой бутылки и визуального определения состояния рабочего раствора.

*Примечание: в течение всего процесса закачки рабочего раствора состава для РИР в скважину отобранная термостатируемая в пластиковой бутылке проба должна оставаться текучей. В случае если в процессе закачки рабочего раствора в скважину отобранная проба потеряла текучесть, исполнителем работ составляется акт в произвольной форме.*

После завершения закачки рабочего раствора состава для РИР в скважину отобранная проба в пластиковой бутылке (должна быть текучей) извлекается из термостата или водяной бани (фиксируется время извлечения и проводится фотофиксация внешнего вида рабочего раствора под разными углами наклона бутылки) и передается в ИЛ/ИЦ. При этом сообщаются следующие данные: место отбора пробы (номер скважины, наименование месторождения); дата и время приготовления рабочего раствора; температура, при которой проводилось его термостатирование; время начала и завершения термостатирования. ИЛ/ИЦ принимает пробу рабочего раствора состава для РИР по принятой в данной лаборатории процедуре. Обязательно указывается время поступления пробы в лабораторию; ее состояние – текучая / нетекучая; проводится фотофиксация.

*Примечание: в случае потери текучести пробы рабочего раствора состава для РИР при её транспортировке в ИЛ/ИЦ, составляется акт в произвольной форме. Промежуток времени между началом термостатирования пробы в промысловых условиях и поступлением пробы в лабораторию (либо моментом потери текучести пробы рабочего раствора, зафиксированным работниками, осуществлявшими транспортировку пробы) является ориентировочным временем образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в полевых (промысловых) условиях.*

В ИЛ/ИЦ проводится дальнейшее термостатирование полученной пробы рабочего раствора состава для РИР при указанной температуре. При этом определяется момент образования ИМ согласно порядку, представленному выше в пункте по «Проведению испытаний в лабораторных условиях».

В произвольной форме составляется отчет о проведенном испытании. В отчете обязательно указывается: место отбора пробы (номер скважины, наименование месторождения); дата и время поступления пробы в ИЛ/ИЦ; дата и время начала и завершения термостатирования в промысловых и лабораторных условиях; температура, при которой проводилось его термостатирование; состояние пробы. Прилагаются фотографии. В отчете также приводится общее время термостатирования рабочего раствора состава для РИР, рассчитанное по формуле (2):

, (2)

где:

Тобщ – общее время термостатирования рабочего раствора состава для РИР, ч-мм;

Т1-п – время завершения термостатирования в промысловых условиях, ч-мм;

Т0-п – время начала термостатирования в промысловых условиях, ч-мм;

Т1-л – время завершения термостатирования в лабораторных условиях, ч-мм;

Т0-л – время начала термостатирования в лабораторных условиях, ч-мм;

Тобщ – является ориентировочным временем образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в полевых (промысловых) условиях.

В отчете приводится время образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного в лабораторных условиях и время образования ИМ из рабочего раствора состава для РИР, приготовленного по точно такой же рецептуре в промысловых условиях. Рассчитывается отклонение между измеренными величинами. Норматив на допустимое отклонение отсутствует. В отчете приводится анализ возможных причин данного отклонения, а также его влияния на успешность проведения работ на скважине.

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СОВМЕСТИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ С РАБОЧИМ РАСТВОРОМ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке совместимости технологических жидкостей с рабочим раствором состава для РИР.

**Сущность метода**

Оценка совместимости технологических жидкостей с рабочим раствором состава для РИР проводится путем смешения исследуемых жидкостей и последующей выдержкой полученной смеси при пластовой температуре объекта применения. При этом проводится визуальная оценка внешнего вида смеси сразу после смешения и после выдержки.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Колба коническая К 1(2)-250-2 по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия».
2. Стеклянные банки с винтовой крышкой объемом 0,1-0,5 дм3.
3. Мерный цилиндр объемом 250 см3 по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия» – 4 шт.
4. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.

**Проведение испытаний**

Тест проводится при пластовой температуре целевого объекта применения.

Под технологической жидкостью понимается жидкость, применяемая в процессе ремонта скважины.

К рабочему раствору состава для РИР приливается технологическая жидкость в соотношении 1 к 1 (по объему). Смесь аккуратно перемешивается и выдерживается при пластовой температуре объекта применения в течение 4 часов. Совместимость оценивается визуально.

Рабочий раствор состава для РИР является совместимым с технологической жидкостью, если после процедуры теста не наблюдается признаков разрушения рабочего раствора: выделение газа, выпадение осадка, образование ИМ, фазовое расслоение.

Для рабочих растворов составов для РИР на водной основе допускается растворение или набухание при контакте с технологической жидкостью.

Рекомендация при отсутствии совместимости – использование совместимых разделительных буферов.

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ С РАБОЧИМ РАСТВОРОМ СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке совместимости пластовых флюидов с рабочим раствором состава для РИР.

**Сущность метода**

Оценка совместимости пластовых жидкостей с рабочим раствором состава для РИР проводится путем смешения исследуемых жидкостей и последующей выдержкой полученной смеси при пластовой температуре объекта применения. При этом проводится визуальная оценка внешнего вида смеси сразу после смешения и после выдержки.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Колба коническая К 1(2)-250-2 по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия».
2. Стеклянные банки с винтовой крышкой объемом 0,1-0,5 дм3.
3. Мерный цилиндр объемом 250 см3 по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия» – 4 шт.
4. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 °С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 °С.

**Проведение испытаний**

Тест проводится при пластовой температуре объекта применения.

Под пластовыми флюидами понимается добываемая жидкость: вода, нефть, газовый конденсат.

В качестве пластовой воды используется образец пластовой воды, отобранной с целевого месторождения, или ее модель (МПВ). Солевой состав МПВ уточняется путем проведения анализа образца натурной пластовой воды.

В качестве пластовой нефти используется образец дегазированной пластовой нефти. В качестве газового конденсата используется образец стабильного газового конденсата.

К рабочему раствору состава для РИР приливается исследуемая жидкость в соотношении 1 к 1 (по объему). Выдержка проводится при пластовой температуре объекта применения в течение 4 часов. Совместимость оценивается визуально.

Рабочий раствор состава для РИР является совместимым с пластовой нефтью или газовым конденсатом, если после процедуры теста не наблюдается признаков разрушения рабочего раствора: выделение газа, выпадение осадка, образование стойких водонефтяных эмульсий.

В случае если состав для РИР представляет собой состав на углеводородной основе (например, обратная эмульсия), допускается его растворение или расслоение на водную и углеводородную фазы.

Рабочий раствор состава для РИР, принцип действия которого основан на образовании ИМ при его взаимодействии с пластовой водой, является совместимым с пластовой водой, если после процедуры теста не наблюдается признаков разрушения рабочего раствора: отсутствие образования ИМ.

Рабочий раствор состава для РИР всех остальных типов является совместимым с пластовой водой, если после процедуры теста не наблюдается признаков разрушения рабочего раствора: выделение газа, выпадение осадка, образование ИМ, фазовое расслоение.

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОЧЕГО РАСТВОРА СОСТАВА ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке седиментационной устойчивости рабочего раствора состава для РИР.

**Сущность метода**

Оценка седиментационной устойчивости рабочего раствора состава для РИР проводится путем визуального определения степени осаждения твердой фазы.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Мерный цилиндр объемом 100 см3 по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия».
2. Термостат или водяная баня с терморегулятором, обеспечивающим поддержание заданной температуры с допустимой погрешностью ± 2 0С, диапазон поддержания температуры от 0 до + 150 0С.

**Проведение испытаний**

Тест проводится при комнатной (15-25 0С) и пластовой температуре объекта применения.

В два мерных цилиндра заливается свежеприготовленный рабочий раствор состава для РИР объемом 100 мл. Один цилиндр с рабочим раствором остается при комнатной температуре, другой термостатируется при пластовой. Оба цилиндра выдерживаются в течение 8 часов, либо до образования ИМ.

*Примечание: цилиндры с рабочим раствором накрываются пленкой для минимизации испарения исследуемых составов. Допускается применение цилиндров с пришлифованной пробкой.*

Визуально фиксируется осаждение твердой фазы. Если наблюдается осаждение твердой фазы, рабочий раствор состава для РИР является седиментационно неустойчивым. Если осаждение твердой фазы не наблюдается – рабочий состав для РИР седиментационно устойчив.

# ПРОВЕДЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

* 1. **ПРОВЕДЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ПО ИЗОЛИРУЕМОМУ ФЛЮИДУ (ВОДА, ГАЗ) ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПРОДУКТИВНОГО ПРОПЛАСТКА (НЕФТЕНАСЫЩЕННЫЙ, ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ)**

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения фильтрационного тестирования составов для РИР.

**Сущность метода**

Фильтрационное тестирование состава для РИР проводится на специальных лабораторных стендах (фильтрационных установках), оснащенных соответствующей моделью коллектора (фильтрационной моделью). При фильтрации флюидов измеряется создаваемый перепад давления до закачки в фильтрационную модель исследуемого состава для РИР и после закачки. По полученным данным рассчитываются критический градиент давления и факторы остаточного сопротивления.

Критический градиент давления (gradP, МПа/м) – минимальное давление, при котором происходит прорыв фильтрующегося флюида через фильтрационную модель, заполненную составом для РИР. Рассчитывается по формуле (3):

*,*

где:

*ΔP* – перепад давления на торцах фильтрационной модели, МПа;

*l* – длина фильтрационной модели, м.

ФОС – кратность снижения проницаемости фильтрационной модели после закачки состава для РИР. Рассчитывается по формуле (4) и (6):

*,*

где:

*k0 –* проницаемость фильтрационной модели по жидкости до закачки состава для РИР;

*k*n – проницаемость фильтрационной модели по жидкости после закачки состава для РИР на n-ной ступени (на данном расходе фильтрующейся жидкости).

Проницаемость (k, м2) может быть рассчитана по формуле (5), полученной на основе линейного закона фильтрации (закон Дарси):

*,*

где:

*Q* – объемный расход флюида, м3/с;

*F* – площадь фильтрация, м2;

*ΔP* – перепад давления на торцах фильтрационной модели, Па;

*μ* – динамическая вязкость флюида, Па ∙ с.

*Примечание: в системе СИ единица измерения проницаемости – «м2». На практике рекомендуется использовать единицу измерения «1 Дарси (Д)»:*

1 Д = 0,9869 ∙ 10-12 м2 ≈ 1 мкм2 (микрометр квадратный);

1 мД (миллидарси) = 10-3 мкм2

*,*

где:

*ΔP0 –* перепад давления на торцах фильтрационной модели при фильтрации газа до закачки состава для РИР;

*ΔP*n – перепад давления на торцах фильтрационной модели при фильтрации газа после закачки состава для РИР на n-ной ступени (на данном расходе фильтрующейся жидкости).

По значениям критического градиента давления и факторов остаточного сопротивления проводится оценка изолирующих свойств состава для РИР.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

Фильтрационные тесты проводятся на специальных фильтрационных установках со следующими конструкционными элементами:

* блок подачи рабочих сред (насосы);
* кернодержатели для создания пластовых условий;
* контейнеров для хранения рабочих жидкостей;
* регулятор противодавления;
* система поддержания температуры керна;
* система измерения перепада давления с выходов кернодержателя.

Конкретная методика фильтрационного тестирования разрабатывается с учетом геолого-физических условий целевого объекта применения состава для РИР, типа состава для РИР, технологии применения, цели эксперимента и прилагается к отчету о проведенном исследовании.

В настоящем разделе приводятся общие принципы и алгоритм проведения фильтрационного тестирования.

**Проведение испытаний**

Тест проводится при пластовой температуре объекта применения.

В качестве модели пористой среды рекомендуется использовать стандартные цилиндрические образцы натурного керна, отобранного с целевого объекта применения. В случае отсутствия стандартных образцов допускается применение насыпных моделей, приготавливаемых из дезинтегрированного керна.

В зависимости от типа коллектора модель пористой среды может представлять собой проницаемый керн, либо идеальную трещину, собранную из отшлифованных половинок распиленного вдоль стандартного образца керна.

В случае если коллектор содержит трещину ГРП, модель пористой среды собирается из проппанта подходящего размера.

В отчете о проведенном фильтрационном исследовании указывается тип модели пористой среды, ее геометрические размеры (для трещины дополнительно указывается раскрытость), известные фильтрационно-емкостные свойства.

Методом центрифугирования или вытеснения (на фильтрационной установке) создается начальная насыщенность модели пористой среды согласно Таблице 3.

**Таблица 3**

**Начальная насыщенность модели пористой среды**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ДОБЫВАЕМЫЙ ФЛЮИД** | **ИЗОЛИРУЕМЫЙ ФЛЮИД** | **НАСЫЩЕННОСТЬ** |
| Нефть | Вода | Водонасыщенная модель с остаточной нефтенасыщенностью |
| Газ | Газонасыщенная модель с остаточной водо- и нефтенасыщенностью |
| Газ | Вода | Водонасыщенная модель |

В качестве фильтруемых (пластовых) флюидов используются:

* пластовая вода целевого месторождения или ее модель (МПВ);
* изовискозная модель нефти, подготовленная из пластовой нефти целевого месторождения согласно Отраслевому стандарту ОСТ 39-195-86 «Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях»;
* в опытах с фильтрацией газа допускается применять инертный газ, например азот.

*Общий порядок фильтрационного тестирования на установке, оснащенной одним кернодержателем:*

1. в направлении «пласт → скважина» с постоянным расходом осуществляется фильтрация изолируемых / добываемых флюидов (вода, нефть или газ). Измеряется возникающий перепад давления; рассчитывается исходная проницаемость модели пористой среды по фильтруемому флюиду;
2. в направлении «скважина → пласт» осуществляется закачка рабочего раствора состава для РИР. После чего систему оставляют в статике на время необходимое для образования ИМ или протекания адсорбционных процессов (время выдержки);

*Примечание: время выдержки берется на основании рекомендаций производителя, либо уточняется при проведении ЛИ.*

1. после завершения времени выдержки в направлении «пласт → скважина» осуществляется фильтрация изолируемых / добываемых флюидов (вода, нефть или газ). Определяется критический градиент давления, при котором начинается прорыв флюида и (или) вынос ИМ из модели. Рассчитывается фактор остаточного сопротивления при данном расходе фильтрующегося флюида.

*Общий порядок фильтрационного тестирования на установке, оснащенной двумя кернодержателями:*

1. в направлении «пласт → скважина» одновременно через оба кернодержателя осуществляется фильтрация изолируемых / добываемых флюидов (вода, нефть или газ). Измеряется возникающий общий перепад давления, а также фиксируется распределение потока фильтруемого флюида по моделям пористой среды, находящихся в разных кернодержателях;
2. в направлении «скважина → пласт» одновременно через оба кернодержателя осуществляется закачка рабочего раствора состава для РИР. Фиксируется распределение потока закач
3. иваемого рабочего раствора по моделям пористой среды, находящихся в разных кернодержателях. Систему оставляют в статике на время, необходимое для образования ИМ или протекания адсорбционных процессов (время выдержки);
4. после завершения времени выдержки в направлении «пласт → скважина» одновременно через оба кернодержателя осуществляется фильтрация изолируемых / добываемых флюидов (вода, нефть или газ). Измеряется возникающий общий перепад давления, определяется критический градиент давления, при котором начинается прорыв фильтруемого флюида и (или) вынос реагента из модели пористой среды, а также фиксируется распределение потока фильтруемого флюида по моделям пористой среды, находящихся в разных кернодержателях. Рассчитывается фактор остаточного сопротивления.

*Фактор остаточного сопротивления по изолируемому флюиду (вода, газ) должен быть не менее 5.*

*Для закачки без разобщения зон: фактор остаточного сопротивления по добываемому флюиду (нефть, газ) должен быть не более 2. Критический градиент давления не должен превышать реально возможный градиент давления в ПЗП. Рекомендация при несоответствии показателей данным требованиям – необходимо принимать меры для предотвращения попадания состава для РИР в нефтенасыщенные (газонасыщенные) интервалы.*

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ БЛОКИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ ДЛЯ ремонтно-изоляционных работ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке блокирующих свойств составов для РИР.

**Сущность метода**

Оценка блокирующих свойств составов для РИР проводится путем определения выдерживаемого составом перепада давления.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Линейка измерительная металлическая по Государственному стандарту ГОСТ 427-75 «Линейки измерительные металлические. Технические условия» с ценой деления 1 мм.
2. Секундомер механический типа СОПпр, СОСпр, диапазон измерений   
   (0 – 60 с; 0 – 60 м), погрешность ±1,8 с.
3. Тестер проницаемости тампонирующих материалов с ячейкой объемом не менее 500 см3, внутренней высотой ячейки не менее 200 мм, работающий при давлении до 3,4 МПа и при температуре от окружающей среды в помещении до 95 °С.
4. Диски со щелями или отверстиями различной размерностью, толщина дисков не менее 6 мм (1/4 дюйма).
5. Стакан лабораторный полипропиленовый градуированный объемом 500 см3.

**Подготовка к выполнению испытаний**

1. Исследуемый состав для РИР помещается в ячейку тестера. Если исследуемый состав является отверждающимся или гелеобразующим, то процесс структурообразования возможно проводить непосредственно в ячейке.
2. Тестер проницаемости тампонирующих материалов подготоавливается к работе согласно Руководству по эксплуатации прибора.
3. При необходимости производится нагрев испытательной ячейки до необходимой температуры (по согласованию с Заказчиком) в соответствии с Руководством по эксплуатации прибора.
4. Для проведения испытаний по оценке блокирующей способности составов для РИР используется нижняя крышка испытательной ячейки с выходным отверстием не менее 5 мм для свободного вытекания кольматирующего состава.

**Проведение испытаний**

1. Первый тест проводится на диске со «средней» размерностью щели/отверстия, установленной Заказчиком в сопроводительной документации. По умолчанию для замера кольматирующей способности необходимо использовать однощелевые диски. Диски с другим набором щелей/отверстий используются по согласованию с Заказчиком.
2. В ячейке с составом первоначально создается атмосферное давление (путем открытия клапанов тестера проницаемости тампонирующих материалов) при необходимой температуре (по согласованию с Заказчиком). Фильтрат или состав собирается, записывается его объем.
3. Далее в ячейку с составом подается давление 50 psi (0,34 МПа). Фильтрат или состав собирается, записывается его объем.
4. Если выход фильтрата кольматирующего состава или самого состава при подаче давления прекращается, и его объем не изменяется в течение 30 сек, то давление увеличивается на 50 psi (0,34 МПа). Фильтрат или состав собирается, записывается его объем.
5. Процедура, описанная в п. 3, проводится до тех пор, пока не выполнится одно из условий:
6. максимальное давление не достигнет значения 500 psi (3,4 МПа), и не будет происходить значительных изменений в течение 5 минут. По согласованию с Заказчиком возможно уменьшение величины предельного давления;
7. пока жидкая фаза состава полностью не отфильтруется с формированием проницаемой корки;
8. если объем фильтрации приближается или равен объему ячейки с формированием частичной, рыхлой корки или прорыва состава целиком.
9. При выполнении одного из условий пп. 5.1-5.3 тест останавливается с фиксированием значения предельного поданного давления, объема профильтровавшегося состава и фотофиксацией.
10. При выполнении условий остановки теста по пп. 5.1 или 5.2 следующий этап теста осуществляется на диске с большей размерностью щели или отверстия. Цикл тестирования повторяется, пока не будет выполнено условие п. 5.3.
11. При выполнении условий остановки теста по п. 5.3 на следующем этапе тест осуществляется на диске с меньшей размерностью щели или отверстия. Цикл тестирования повторяется, пока не будет выполнено условие пп. 5.1 или 5.2.
12. По окончании испытания тестер проницаемости разбирается в соответствии требованиями Руководства по эксплуатации.

**Оформление результатов**

В отчет вносятся значения предельной ширины щели или диаметра круглых отверстий диска, которые испытуемый кольматационный состав способен закольматировать и удержать давление 3,4 МПа не менее 5 минут, а также описание эксперимента и фото закольматированного отверстия (по возможности) после аккуратного снятия с тестера диска без разрушения кольматационного экрана.

**Таблица 4 (рекомендуемая)**

**Оформление результатов испытаний**

| **№**  **П/П** | **ДИСК:**  **ШИРИНА ЩЕЛИ (ДИАМЕТР ОТВЕРСТИЯ), ММ/**  **КОЛ-ВО ЩЕЛЕЙ (ОТВЕРСТИЙ), ШТ.** | **ДАВЛЕНИЕ, PSI/МПА** | **ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА,**  **ОБЪЕМ ФИЛЬТРАЦИИ, МЛ** | **ФОТО КОНЕЧНОГО РЕЗУЛЬТАТА**  **(ПО ВОЗМОЖНОСТИ)** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|  |  |  | * кольматационный состав или фильтрат; * фильтруется или не фильтруется, * характер фильтрации: проходит постоянно/с затуханием/волнообразно и т.д.; * другие особенности эксперимента |  |

# ПРОВЕДЕНИЕ ТЕСТА ПО ОЦЕНКЕ КРАТНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЕНЫ

**Область применения**

Настоящая методика устанавливает порядок проведения теста по оценке кратности и стабильности пены, полученной на основе составов для РИР, представляющих собой растворы ПАВ.

**Сущность метода**

Оценка кратности пены, полученной на основе пенообразующего состава для РИР, проводится путем определения величины, равной отношению объема пены к объему раствора, содержащегося в пене.

Оценка стабильности пены, под которой понимается ее способность к сохранению первоначального объема, проводится путем установления времени разрушения 50% объема пены или времени выделения 50% жидкой фазы.

**Аппаратура, реактивы и материалы**

1. Мерные цилиндры по Межгосударственному стандарту ГОСТ 1770-74 «Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия» объемом 50-2000 см3;
2. Градуированный полипропиленовый стакан вместимостью 500 см3.
3. Линейка измерительная металлическая по Государственному стандарту ГОСТ 427-75 «Линейки измерительные металлические. Технические условия» с ценой деления 1 мм;
4. Секундомер механический типа СОПпр, СОСпр по Техническим условиями   
   ТУ 25-1894.003-90 «Секундомеры механические», диапазон измерений (0 – 60 с; 0 – 60 м), погрешность ±1,8 с.
5. Пропеллерная лопастная мешалка с электроприводом, либо лабораторный блендер.

**Проведение испытаний**

Тест проводится при комнатной температуре (15-25 0С).

В соответствии с Инструкцией по применению на пенообразующий состав или рекомендациями производителя взбивается рабочий раствор состава для РИР до образования пены. С помощью линейки определяется высота пены *H* с погрешностью до ±1 см и вычисляется объем пены *V*, см3, по формуле:

где:

*H* – высота пены, см;

*d* – диаметр емкости для сбора пены, см;

π = 3,14.

Кратность пены *K* вычисляют по формуле:

,

где:

*Vп* – объем пены, см3;

*Vр* – объем исходного рабочего раствора, см3.

Дополнительно проводится определение времени вспенивания (в секундах или минутах). Время вспенивания – это время, прошедшее с момента приготовления рабочего раствора и до момента, когда визуально видна образующаяся пена.

Показатель устойчивости (стабильности) пены определяется как время выделения из пены 50% объема жидкой фазы.