

---

---

**Промышленность нефтяная и газовая.  
Цементы и материалы для  
цементирования скважин.**

Часть 2.

**Испытание цемента для скважин**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Petroleum and natural gas industries — Cements and materials for well  
cementing —*

*Part 2: Testing of well cements*

ISO 10426-2:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R  
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер  
ISO 10426-2:2003(R)

**Отказ от ответственности при работе в PDF**

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на установку интегрированных шрифтов в компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe — торговый знак Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами – членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просим информировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 10426-2:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003>



**ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

© ISO 2003

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO по адресу ниже или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Опубликовано в Швейцарии

## Содержание

Страница

Предисловие .....	vi
Введение .....	vii
1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Термины, определения и символы .....	1
3.1 Термины и определения .....	1
3.2 Символы .....	8
4 Отбор проб .....	9
4.1 Общие положения .....	9
4.2 Отбор проб цемента в полевых условиях .....	9
4.3 Отбор проб многокомпонентного цемента в полевых условиях .....	9
4.4 Отбор проб сухих добавок к цементу в полевых условиях .....	9
4.5 Отбор проб жидких добавок к цементу в полевых условиях .....	9
4.6 Отбор проб воды затворения .....	9
4.7 Отгрузка и хранение .....	11
4.8 Подготовка проб к испытанию .....	11
4.9 Утилизация проб .....	11
5 Подготовка цементного раствора .....	11
5.1 Общие положения .....	11
5.2 Аппаратура .....	11
5.3 Методика .....	13
6 Определение плотности цементного раствора .....	15
6.1 Предпочтительный аппарат .....	15
6.2 Калибровка .....	15
6.3 Методика .....	16
6.4 Альтернативный аппарат и процедура .....	17
7 Определение прочности при сжатии на модели скважины .....	17
7.1 Общие положения .....	17
7.2 Отбор проб .....	18
7.3 Приготовление цементного раствора .....	18
7.4 Аппаратура .....	18
7.5 Методика .....	19
7.6 Определение прочности при сжатии цемента в верхней части длинных цементных стаканов .....	21
8 Неразрушающее испытание цемента звуком .....	27
8.1 Общие положения .....	27
8.2 Аппаратура .....	27
8.3 Отбор проб .....	27
8.4 Подготовка цементного раствора .....	27
8.5 Методика .....	27
8.6 Время обработки .....	27
8.7 Схемы обработки .....	27
8.8 Сообщение данных .....	28
9 Определение времени загустевания с имитацией условий скважины .....	28
9.1 Общие положения .....	28
9.2 Аппаратура и материалы .....	28
9.3 Калибровка .....	29

9.4	Методика испытания.....	31
9.5	Определение схемы испытания.....	33
10	Статические испытания для определения фильтрационных потерь (водоотдачи).....	39
10.1	Общие положения.....	39
10.2	Аппаратура.....	39
10.3	Безопасность.....	40
10.4	Методика перемешивания.....	40
10.5	Методики кондиционирования.....	40
10.6	Методики испытания при температурах $\leq 88\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $190\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).....	40
10.7	Методики для испытания при температурах $> 88\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $190\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).....	42
10.8	Заполнение статической ячейки для определения фильтрационных потерь.....	44
10.9	Определение фильтрационных потерь.....	45
10.10	Завершение испытания и промывка.....	45
11	Испытание проницаемости.....	47
11.1	Общие положения.....	47
11.2	Аппаратура.....	47
11.3	Подготовка образца.....	48
11.4	Проницаемость жидкости (пермеаметр для цемента).....	49
11.5	Альтернативная методика (пермеаметр зерна) для проницаемости жидкости.....	49
11.6	Расчетная проницаемость жидкости.....	53
11.7	Газопроницаемость (измеритель проницаемости зерна).....	53
11.8	Расчет газопроницаемости.....	54
12	Определение реологических свойств и предельного статического напряжения сдвига с помощью ротационного вискозиметра.....	54
12.1	Общие положения.....	54
12.2	Аппаратура.....	55
12.3	Калибровка.....	57
12.4	Определение реологических характеристик.....	57
12.5	Определение предельного статического напряжения сдвига.....	60
12.6	Моделирование реологического поведения.....	60
13	Расчет перепада давления и режима течения для цементных растворов в трубах и кольцевых пространствах.....	68
13.1	Общие положения.....	68
13.2	Ньютоновские жидкости.....	70
13.3	Жидкости, подчиняющиеся степенному закону.....	74
13.4	Бингамовские вязкопластические жидкости.....	79
13.5	Коэффициенты преобразования.....	90
14	Методика испытания для цементных растворов в условиях севера.....	90
14.1	Общие положения.....	90
14.2	Приготовление цементного раствора.....	90
14.3	Жидкая фракция.....	90
14.4	Время загустевания.....	90
14.5	Прочность при сжатии.....	91
14.6	Циклическое замораживание-оттаивание при атмосферном давлении.....	91
14.7	Циклическое испытание на прочность при сжатии.....	91
15	Испытания стабильности цементных растворов в условиях, имитирующих скважину.....	92
15.1	Введение.....	92
15.2	Смешивание цементного раствора.....	92
15.3	Кондиционирование цементного раствора.....	92
15.4	Определение несвязной воды (свободного флюида) с периодом статического нагревания.....	93
15.5	Определение несвязной воды (свободного флюида) со статическим периодом при окружающей температуре.....	94
15.6	Определение осаждения.....	94
16	Совместимость скважинных флюидов.....	98

16.1	Общие положения.....	98
16.2	Подготовка испытательных флюидов .....	99
16.3	Реологические параметры .....	99
16.4	Время загустевания.....	100
16.5	Прочность при сжатии .....	100
16.6	Суспендирование твердых частиц и предельное статическое напряжение сдвига .....	100
16.7	Водоотдача.....	100
17	Пуццоланы.....	102
17.1	Общие положения.....	102
17.2	Типы пуццоланов.....	102
17.3	Физические и химические свойства.....	102
17.4	Расчет цементных растворов .....	103
17.5	Насыпной объем смеси .....	105
Приложение А (нормативное) Методика приготовления больших объемов цемента .....		106
Приложение В (нормативное) Методики калибровки термпар, систем измерения температуры и устройств управления .....		108
Приложение С (информативное) Дополнительная информация, касающаяся определения температуры.....		110
Приложение D (нормативное) Альтернативный аппарат для испытаний по определению времени загустевания.....		117
Приложение E (информативное) Схемы цементирования .....		120
Библиография .....		175

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 10426-2:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003>

## Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) представляет собой всемирную федерацию национальных организаций по стандартам (организации – члены ISO). Работа по подготовке международных стандартов обычно выполняется через технические комитеты ISO. Каждая организация – член ISO, заинтересованная в теме, по которой создан тот или иной технический комитет, имеет право быть представленной в этом комитете. В этой работе также принимают участие международные правительственные и неправительственные организации, связанные с ISO. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации электротехники.

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с Директивами ISO/IEC, Часть 2.

Основной задачей технических комитетов является разработка международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются членам ISO для голосования. Для публикации документа в качестве международного стандарта требуется не менее 75 % голосов членов ISO, участвующих в голосовании

Следует иметь в виду, что некоторые элементы данной части международного стандарта ISO 10426-1 могут быть объектом патентных прав. ISO не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

Международный стандарт ISO 10426-1 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 67, *Материалы, оборудование и прибрежные конструкции для нефтяной и газовой промышленности*, Подкомитетом SC 3, *Буровые растворы и растворы для заканчивания скважин, тампонажные цементы*.

ISO 10426-2:2003

ISO 10426 состоит из следующих частей под общим названием *Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин*: 2-2003

*Часть 1. Технические условия*

*Часть 2. Испытание цемента для скважин*

*Часть 3. Испытание цементов специального состава для подводных скважин*

*Часть 4. Подготовка и испытание вспененных цементных растворов при атмосферном давлении*

Следующая часть готовится к публикации:

*Часть 5. Определение усадки и расширения составов на основе цемента при атмосферном давлении*

## Введение

Данная часть ISO 10426 основан на Технических условиях API RP 10B, 22-е издание, декабрь 1997, дополнение 1, октябрь 1999.

Пользователи данной части ISO 10426 должны иметь в виду, что для конкретных применений могут потребоваться дополнительные или другие требования. Данная часть ISO 10426 не предполагает запретить продавцу предлагать, а покупателю приобретать альтернативное оборудование или принимать иные технические решения для конкретных приложений. Это, в частности, касается случаев существования новой или разрабатываемой технологии. Там где предлагается альтернатива, продавцу рекомендуется идентифицировать все варианты из данной части ISO 10426 и предоставить подробности.

В данной части ISO 10426, где необходимо, включены традиционные единицы измерения США и приведены в скобках для информации.

Классы и типы цемента определены в ISO 10426-1.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO 10426-2:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d15dc8a-a92b-447f-849d-8fc620289df0/iso-10426-2-2003>



# Промышленность нефтяная и газовая. Цементы и материалы для цементирования скважин.

## Часть 2. Испытание цемента для скважин

### 1 Область применения

Данная часть стандарта ISO 10426 устанавливает требования и дает рекомендации по испытаниям цементных растворов и связанных с ними материалов в условиях, имитирующих условия скважины.

### 2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные документы необходимы для применения данного документа. Для датированных ссылок применяется только издание, указанное ниже. Для недатированных ссылок применяется самое последнее издание ссылочного документа (включая все изменения).

ISO 10414-1, *Промышленность нефтяная и газовая. Полевые испытания буровых растворов. Часть 1. Растворы на водной основе*

API RP 13J, *Испытания насыщенных минеральных растворов (второе издание), март 1996*

ASTM C 109, *Стандартный метод испытания раствора гидравлического цемента на прочность при сжатии (используя образцы для испытания в форме кубиков со стороной 2 дюйма [50 мм])*

ASTM C 188, *Стандартный метод определения плотности гидравлического цемента*

### 3 Термины, определения и символы

#### 3.1 Термины и определения

Применительно к целям данной части стандарта ISO 10426 применяются следующие термины и определения.

##### 3.1.1

**абсолютный объем**

**absolute volume**

величина, обратная абсолютной плотности

ПРИМЕЧАНИЕ Выражается как объем на единицу массы.

##### 3.1.2

**добавка**

**additive**

материал, добавляемый в цементный раствор для изменения или усиления какого-либо желаемого свойства

ПРИМЕЧАНИЕ Обычно изменяют следующие свойства: время схватывания (с помощью замедлителей или ускорителей), регулирование водоотдачи, вязкость и т.д.

**3.1.3**  
**кольцевое пространство**  
**annulus**

пространство, окружающее трубу в стволе скважины

ПРИМЕЧАНИЕ Наружная стенка затрубного пространства может быть поверхностью скважины, либо обсадной колонны.

**3.1.4**  
**принятая температура на поверхности**  
**assumed surface temperature**

$T_{AS}$   
предполагаемая температура на поверхности, используемая для расчета псевдо-температурного градиента

**3.1.5**  
**периодическое перемешивание**  
**batch mixing**

процесс перемешивания и выдерживания объема цементного раствора до помещения его в ствол скважины

**3.1.6**  
**единица консистенции Бердена**  
**Bearden unit of consistency**

$B_c$   
единицы, используемые для выражения консистенции цементного раствора при определении на консисометре под давлением

ПРИМЕЧАНИЕ Обозначением консистенции при выражении в единицах Бердена служит  $B_c$ .

**3.1.7**  
**продувка**  
**blowout**

момент времени, когда азот течет через пробу в испытании на водоотдачу

**3.1.8**  
**насыпная плотность**  
**bulk density**

масса на единицу объема сухого материала, содержащего захваченный воздух

**3.1.9**  
**цементирование обсадной колонны**  
**casing cementing**

частичное или полное цементирование затрубного пространства обсадной колонны полной длины

**3.1.10**  
**цемент**  
**портландцемент**  
**cement**  
**Portland cement**

грунтовой клинкер, обычно состоящий из гидравлических силикатов и алюминатов кальция, а также содержащий одну или несколько форм сульфата кальция в качестве материала, добавляемого при дроблении

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Гидравлические силикаты и алюминаты кальция это силикаты и алюминаты кальция, твердеющие в воде.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Материал, добавляемый при дроблении, добавляют чаще до дробления, чем после дробления.

### 3.1.11

**класс цемента**

**тип цемента**

**cement class**

**cement type**

обозначение по системе классификации ISO тампонажного цемента в соответствии с назначением

ПРИМЕЧАНИЕ Для дополнительной информации см. ISO 10426-1.

### 3.1.12

**марка цемента**

**cement grade**

обозначение по системе ISO для указания сульфатостойкости конкретного цемента

ПРИМЕЧАНИЕ Для дополнительной информации см. ISO 10426-1.

### 3.1.13

**цементная смесь**

**cement blend**

смесь сухого цемента и других сухих материалов

### 3.1.14

**клинкер**

**clinker**

расплавленные материалы после обжиговой печи при производстве цемента, которые наряду с сульфатом кальция добавляют при дроблении для изготовления цемента

### 3.1.15

**совместимость**

**compatibility**

способность образовывать текучую смесь, которая не вступает в нежелательные химические и/или физические реакции

### 3.1.16

**прочность при сжатии**

**compressive strength**

прочность образца схватившегося (затвердевшего) цемента, измеренная по усилию, требуемому для его разрушения

ПРИМЕЧАНИЕ Выражается как усилие на единицу площади.

### 3.1.17

**консистометр**

**consistometer**

прибор, используемый для измерения времени загустевания цементного раствора при заданной температуре и заданном давлении

### 3.1.18

**цементирование под давлением при непрерывном прокачивании цементного раствора**

**continuous-pumping squeeze-cementing operation**

цементирование под давлением, которое не включает прекращение подачи раствора насосом

### 3.1.19

**эквивалент мешка цемента**

**equivalent sack**

масса смеси портландцемента и летучей золы или пуццолана, которая имеет такой же абсолютный объем как 42,63 кг (94 фунта) портландцемента

**3.1.20**

**фильтрат**  
**filtrate**

жидкость, которая выходит из цемента в процессе испытания на водоотдачу

**3.1.21**

**летучая зола**  
**fly ash**

пороскообразный остаток от сжигания угля, обладающего свойствами пуццолана

ПРИМЕЧАНИЕ См. Раздел 17 для дополнительной информации.

**3.1.22**

**свободный флюид (несвязная вода)**  
**free fluid**

окрашенная или бесцветная жидкость, которая отделяется от цементного раствора

**3.1.23**

**цикл замораживания-оттаивания**  
**freeze-thaw cycle**

испытание, использующее пробу цемента, которую по очереди подвергают действию температур выше или ниже точки замерзания воды

**3.1.24**

**цементирование под давлением при замедленном перекачивании**  
**hesitation-pumping squeeze-cementing operation**

цементирование под давлением, которое включает перекачивание цементного раствора с выдержкой

ПРИМЕЧАНИЕ Цементный раствор подается в скважину, насосы останавливают на определенный промежуток времени, затем снова подают некоторый объем раствора. Этот процесс повторяется, пока не будет достигнуто предварительно определенное давление или не будет полностью перекачан нужный объем цементного раствора.

**3.1.25**

**скорость нагревания**  
**heat-up rate**

$R_n$   
скорость изменения температуры цементного раствора от температуры на поверхности  $T_{SS}$  до прогнозируемой температуры циркуляции цементного раствора в забое скважины  $T_{PVC}$

**3.1.26**

**цементирование обсадной колонны-хвостовика**  
**liner cementing**

ежегодные работы по цементированию, при которых верхняя часть цементируемой обсадной трубы не доходит до верхней части ствола скважины

**3.1.27**

**буровой раствор**  
**mud**

флюид, который циркулирует в стволе скважины в процессе бурения или работ по капитальному ремонту скважины

**3.1.28**

**весы для бурового раствора**  
**mud balance**

коромысловые весы, используемые для измерения плотности бурового раствора при атмосферном давлении

**3.1.29****чистый цементный раствор****neat cement slurry**

цементный раствор, состоящий только из цемента и воды

**3.1.30****скорость понижения давления****pressure-down rate**
 $R_{pd}$ 

скорость, с которой давление понижается от значения давления в забое скважины,  $p_{вн}$  до давления в верхней части цементного стакана,  $p_{тос}$ , во время определения времени загустевания

**3.1.31****проницаемость****permeability**

мера способности пористой среды пропускать жидкости или газы

ПРИМЕЧАНИЕ Проницаемость обычно выражают в миллидарси, мД.

**3.1.32****создание пробки при цементировании****plug cementing**

процесс подачи в скважину такого объема цемента, чтобы образовалась пробка поперек ствола скважины

**3.1.33****пуццолан****puzzolan**

силикатные или силикатно-алюминиевые материалы, которые в сильно измельченной форме реагируют с гидроксидом кальция до образования вяжущего вещества

ПРИМЕЧАНИЕ См. Раздел 17 для дополнительной информации.

**3.1.34****промывочная жидкость****preflush, поуп**

жидкость, не содержащая нерастворимых взвешенных веществ, используемая для разделения буровых растворов и цементных растворов

**3.1.35****сосуд для работы под давлением****pressure vessel**

сосуд в консистометре, в который помещают контейнер с цементным раствором для определения времени загустевания

**3.1.36****сосуд для выдержки (автоклав)****pressurized curing vessel**

сосуд для выдержки образцов цемента при заданной температуре и давлении в испытании по определению прочности на сжатие

**3.1.37****скорость увеличения давления****pressure-up rate**
 $R_{pu}$ 

скорость, с которой увеличивается давление от стартового до давления в забое скважины в процессе определения времени загустевания

**3.1.38**

**относительная плотность**

**удельная масса**

**relative density**

**specific gravity**

отношение массы вещества к массе равного объема стандартного вещества при контрольной температуре

ПРИМЕЧАНИЕ Стандартным веществом обычно является вода; контрольная температура обычно 4 °С.

**3.1.39**

**осаждение**

**sedimentation**

отделение и отстаивание твердых частиц цемента

**3.1.40**

**контейнер для цементного раствора**

**slurry container**

контейнер (стакан) консистометра для работы под давлением, используемый для помещения цементного раствора для кондиционирования или для определения времени загустевания

**3.1.41**

**сопротивление звуку**

**sonic strength**

степень упрочнения образца цемента, рассчитанная путем измерения скорости прохождения звука через этот образец

ПРИМЕЧАНИЕ Расчет основан на конкретных математических корреляциях, а не на непосредственном измерении прочности.

**3.1.42**

**стартовое давление**

**starting pressure**

$p_s$

начальное давление, прикладываемое к испытательной пробе в начале испытания на время загустевания

ПРИМЕЧАНИЕ  $p_s$  также используют для определения скорости увеличения давления.

**3.1.43**

**буферная жидкость (разделитель)**

**spacer**

жидкость, содержащая нерастворимые взвешенные материалы, которая используется для разделения буровых и цементных растворов

**3.1.44**

**вторичное цементирование**

**squeeze cementing**

исправительный процесс, в котором цементирующий материал подается под давлением в определенную часть скважины, например, в отверстие или трещину

**3.1.45**

**статическое определение фильтрационных потерь**

**static fluid loss test**

определение фильтрационных потерь из цементного раствора при помещении цемента на сито 325 меш при дифференциальном давлении 6 900 кПа (1 000 фунтов на кв. дюйм)

**3.1.46****статическое испытание на стабильность****static stability test**

определение степени осаждения и образования свободного флюида (отделения несвязной воды) в цементном растворе

**3.1.47****ячейка с перемешиванием для определения фильтрационных потерь****stirred fluid-loss cell**

ячейка, специально предназначенная для кондиционирования цементного раствора, которую можно использовать для выполнения статического определения фильтрационных потерь, не перемещая цементный раствор в другую емкость

**3.1.48****ухудшение прочности****strength retrogression**

снижение прочности на сжатие и увеличение проницаемости цемента, вызванное воздействием температур, превышающих 110 °C (230 °F)

**3.1.49****время загустевания****thickening time**

время, необходимое для достижения цементным раствором определенного значения консистенции по Бердену

ПРИМЕЧАНИЕ Результаты определения времени загустевания показывают время, в течение которого цементный раствор может оставаться прокачиваемым в условиях испытания.

**3.1.50****весовой дозирующий смеситель****резервуар со шкалой****weigh batch mixer****scale tank**

приспособление или система для взвешивания и смешивания цемента с добавками

**3.1.51****испытание с имитацией условий скважины****well simulation test**

испытание, параметры которого смоделированы и модифицированы, как требуется для имитации условий в стволе скважины