



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

Уфимский государственный
нефтяной технический университет

ОПОРНЫЙ ВУЗ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Эффективные тампонажные материалы как важнейший фактор повышения качества крепи скважин

**Фарит Акрамович Агзамов, профессор кафедры бурения
нефтяных и газовых скважин, ФГБОУ ВО «Уфимский
государственный нефтяной технический университет»**

Факторы, определяющие качество крепления скважин

- ▶ **Состояние скважины;**
- ▶ **Геолого-технические условия;**
- ▶ **Технология цементирования;**
- ▶ **Оснастка обсадной колонны;**
- ▶ **Заполнение затрубного пространства цем. раствором;**
- ▶ **Технологические операции после цементирования;**
- ▶ **Вид тампонажных материалов;**
- ▶ **Свойства цемента, раствора, камня;**
- ▶ **и др.**

ГОСТ 1581- 96 Классификация тампонажных портландцементов

ПО ВЕЩЕСТВЕННОМУ СОСТАВУ	I	тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при В/Ц=0,5
	I - G	тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при В/Ц=0,44
	I - Н	тампонажный портландцемент бездобавочный с нормированными требованиями при В/Ц= 0,38
	II	тампонажный портландцемент с минеральными добавками
	III	тампонажный портландцемент добавками, регулирующими плотность цементного теста
ПО ПЛОТНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА ЦЕМЕНТ ТИПА III		облегченный (Об) утяжеленный (Ут)
ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ПРИМЕНЕНИЯ		низких и нормальных температур (15—50) °С умеренных температур (51—100) °С повышенных температур (101—150) °С
ПО СУЛЬФАТОСТОЙКОСТИ ТИПЫ I, II, III		обычный (требований по сульфатостойкости нет) сульфатостойкий (СС)
ТИПЫ I-G И I-Н		высокой сульфатостойкости (СС-1) умеренной сульфатостойкости (СС-2)

Критика классификации

Сульфатостойкость – нужна или нет для тампонажных цементах?

- ▶ В скважинных условиях нет сульфатной коррозии цементах;
- ▶ В скважинных условиях возможна сероводородная коррозия цементах;
- ▶ Переход сероводородной коррозии в сульфатную при отсутствии кислорода невозможен;
- ▶ При сероводородной коррозии стойкость сульфатостойкого цемента не отличается от стойкости обычного портландцемента.

Необходимые условия для сульфатной коррозии

- ▶ наличие сульфат ионов, проникших внутрь цементного камня;
- ▶ наличие в составе цементного камня алюминий содержащих фаз (в первую очередь это C_3A);
- ▶ высокое рН поровой жидкости (больше 12,5).

Ограничение любого из указанных факторов будет повышать стойкость цементного камня.

- ▶ Уменьшение пористости камня возможно за счет В/Ц или кольматации ограничит проникновение ионов SO_4^{2-}

Что такое сульфатостойкий цемент?

- ▶ доля C_3A не превышает 5%;
- ▶ $C_3A + C_4AF$ не превышает 22%;
- ▶ C_3S не превышает 50%;

Что хочется добавить в классификацию цементов?

- ▶ Выделить цементы для ММП, начальные условия работы которых резко отличаются от традиционных;
- ▶ Выделить цементы для скважин с парогидроциклическим воздействием, которые начинают твердеть при низких(нормальных) температурах, а затем подвергаются высоким термическим нагрузкам;
- ▶ Армированные цементы.

Требования согласно ГОСТ 1581- 96

- ▶ К цементу:
 - Тонкость помола;
 - Удельная поверхность.
- ▶ К раствору:
 - Подвижность (растекаемость);
 - Прокачиваемость (время загустевания).
- ▶ К камню:
 - Прочность при изгибе;
 - Прочность при сжатии.

Критика требований ГОСТ 1581- 96

К цементу	Актуальность	Критика
Тонкость помола	Да	- остаток на сите не характеризует гранулометрию цемента; + оперативность в промышленных условиях.
Удельная поверхность	Да	- требуется специальное оборудование в лабораториях;
К раствору		
Водоотделение	Да	- Моделируются только условия вертикальных скважин.
Подвижность (растекаемость)	Да /нет	- показывает только статические условия; + оперативность работы с большим количеством проб.
Прокачиваемость (время загустевания)	Да	+ позволяет моделировать скважинные условия, давление и температуру при цементировании; - длительность исследований.
К камню		
Прочность при изгибе	Да	- не отражает условия работы камня в скважине; - значения прочности и время замера не обоснованы.
Прочность при сжатии (G, H)	Да	- по ультразвуку корректно до 150 град С

Методы контроля свойств

ГОСТ 26798.1-96 Цементы тампонажные. Методы испытаний

ГОСТ 26798.2-96 Цементы тампонажные типов I-G и I-H. Методы испытаний

Показатель	Метод по стандарту	Комментарий	Предложения
П. 3.13 Приготовление раствора	ГОСТ 26798.1-96 Чаша с лопаткой	Прошлый век. Есть скоростные мешалки (ГОСТ 26798.1-96)	Убрать из ГОСТ
П.6 Определение плотности теста	ГОСТ 26798.1-96 Пикнометр	Прошлый век Есть ареометры, рычажные весы	Убрать из ГОСТ

Что еще важно, но нет в ГОСТ?

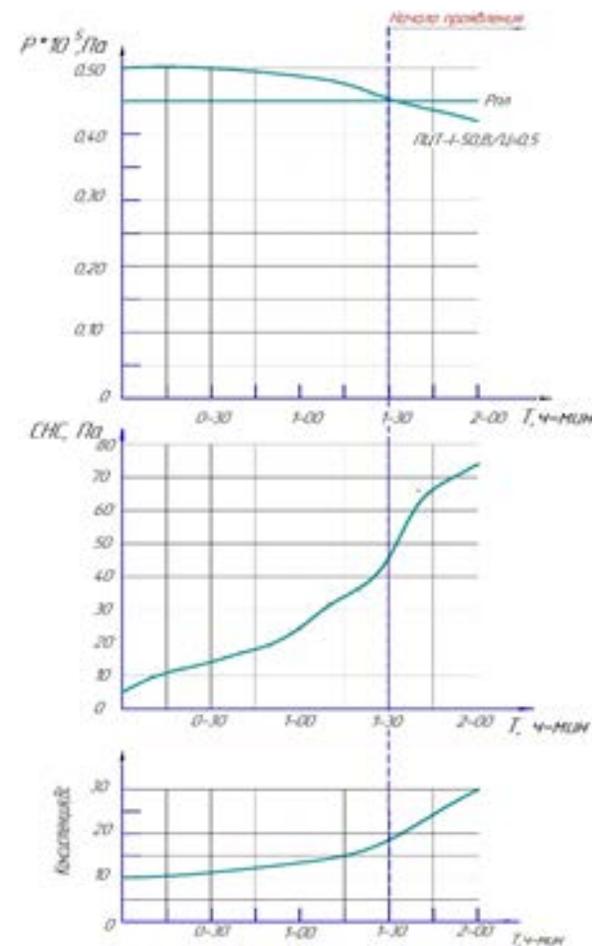
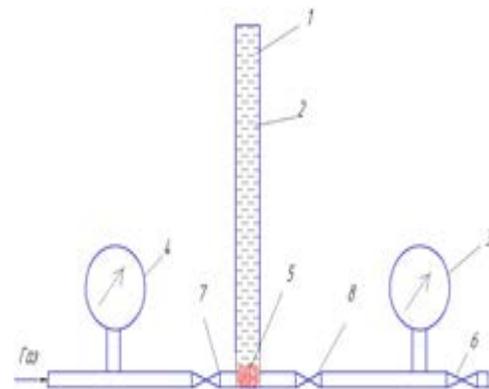
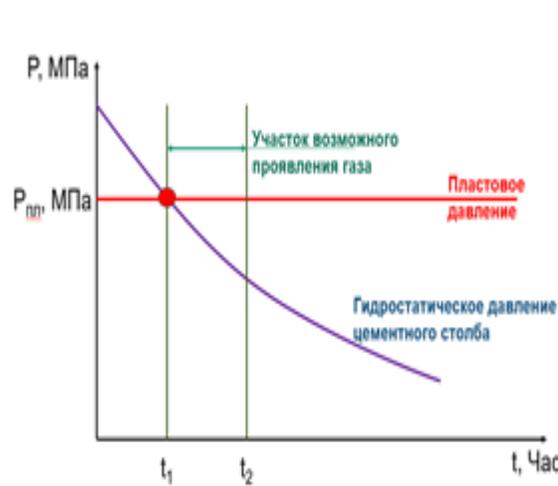
	Показатели	Обоснование	Методики
Цемент	Гранулометрический состав	Исключит необоснованный ввод добавок в цементы типа II и III, которыми злоупотребляют производитель цемента	Приборы есть. Требований нет.
Раствор	Водоотделение в наклонных и горизонтальных цилиндрах	Позволит моделировать условия работы раствора в реальных скважинах. Удовлетворит большинство заказчиков.	Проблем нет, надо добавлять в ГОСТ
	Водоотдача (несвязанная вода)	Повышенная водоотдача часто становится причиной осложнений при цементировании и причиной снижения дебита скважин. Удовлетворит большинство заказчиков.	ISO 10426-2
	Контроль структуры раствора	Позволит снизить риск возникновения газопроявлений в период ОЗЦ	ISO 10426-6
	Сроки схватывания	Показывает переход от раствора к камню. Важен при определении времени ОЗЦ для с контроля ОЗЦ с спеццементов	ГОСТ 1581-81
Камень	Объемные изменения	Расширение снизит риск образования зазоров на контактных зонах. Важен контроль кинетики расширения.	ISO 10426-5
	Удароустойчивость Соотношение $b_{изг} / b_{сж}$ не отражает удароустойчивость	Более 70% скважин получают воду после перфорации из-за разрушения камня. Виноваты всегда буровики.	ГОСТ 29167-91 Бетоны
	Проницаемость	Актуально для большинства скважин. Цементный камень всегда имеет большую проницаемость из-за большого В/Ц раствора.	ISO 10426-5 Единых требований нет
	Термостойкость при циклических температурах	Актуально для паронагнетательных скважин	Единой методики нет
	Теплопроводность	Актуально для скважин в зонах ММП	ГОСТ 7076-87

Анализ методик и предложения

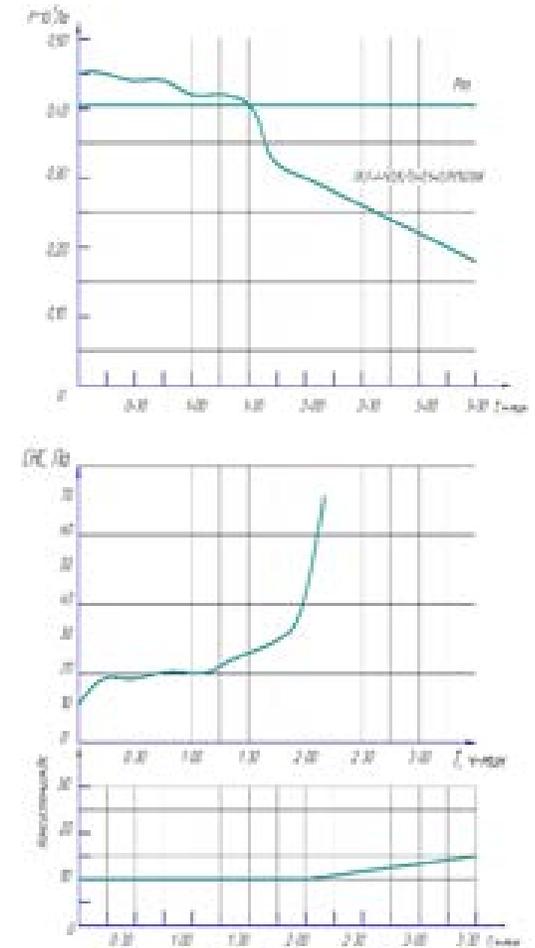
Контроль структуры позволяет подбирать газблокаторы для растворов.

Проверка показала сходимость для вертикальных моделях.

На наклонных моделях сходимости результатов нет.



ПЦТ-I-50, В/Ц= 0,5
Газопорыв через 15 мин



ПЦТ-I-50 + ПАК, В/Ц= 0,5
Газопорыва нет

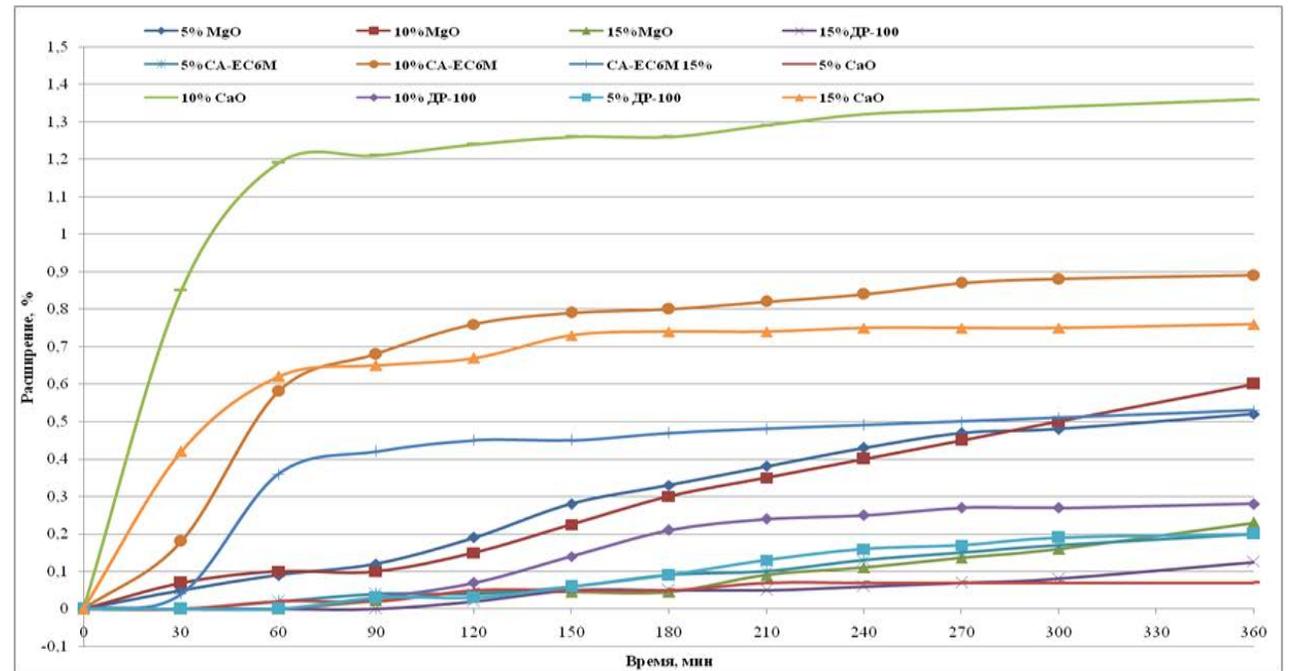
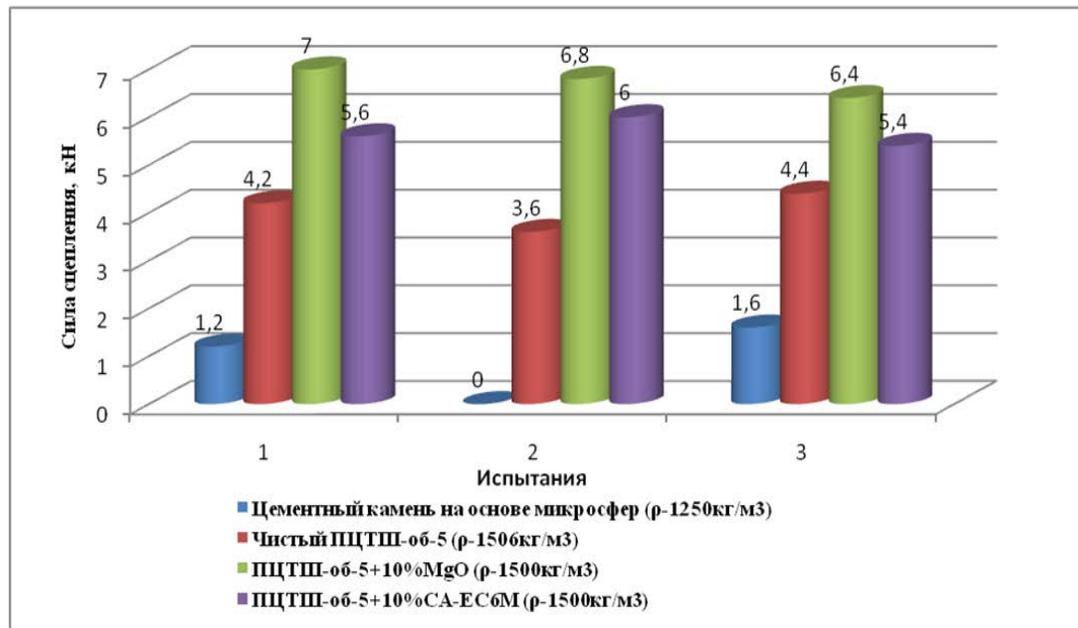
Требования к расширяющимся цементам

Основная часть расширения должна происходить после продавки цементного раствора в затрубное пространство;

Расширение должна происходить до формирования хрупкой (не эластичной) кристаллической структуры цементного камня;

Величина расширения должна быть 1,5-2,5%;

Расширение должно определяться на кольцевых формах.



Влияние расширяющих добавок на сцепление цементного камня

Кинетика расширения с различными добавками

Ударостойкость цементного камня

Испытания проводились на копре.

Образец цементного камня - цилиндр высотой 50мм и диаметром 50мм.

Удары наносятся через боек по центру образца.

Первый удар производится с высоты 0,01 м, все последующие удары с высоты на 0,01 м больше, чем предыдущий удар.

Испытание прекращается при появлении первой трещины в образце.

Ударостойкость рассчитывается по формуле:

$$A=P(0.01+0.02+0.03+....+N)/V$$



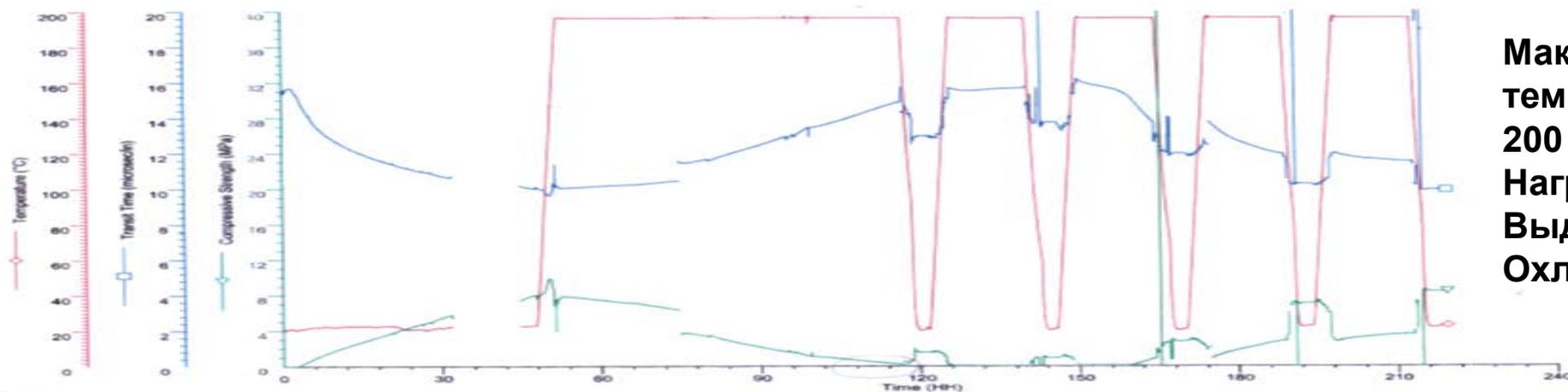
Свойства раствора			Удельная энергия разрушения (Дж/см ³) после твердения, сут		
ρ, кг/м ³	В/Ц	2R, см	1	3	5
1920	0,4	17	11,22	13,26	15,52
1840	0,5	20	7,65	11,22	13,32
1850	0,5	19	13,04	14,02	23,02
1850	0,5	16	17,85	18,34	29,02
1840	0,5	17	9,47	10,52	15,34
1770	0,8	20	4,76	6,12	10,12
1650	0,85	20	3,57	6,12	7,65
1500	0,9	20	4,76	9,35	10,23
1500	0,85	20	3,57	6,12	7,65
1400	0,85	21	3,06	6,12	7,65

Термоциклические испытания

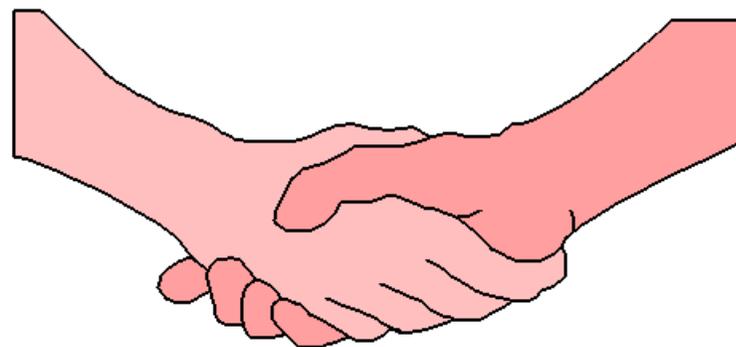
Основные проблемы:

- попытка поправить физику процесса термической коррозии, ускорением испытаний за счет сокращения времени нагрева, выдержки и охлаждения;
- использование ультразвукового анализатора прочности;
- попытка определения термостойкости в муфельной печи (совсем абсурд).

	2 сут, T=20C		1 цикл		3 цикл			5 цикл			
	Ризг	Рсж	Рсж, МПа	Ультразвук	Рсж, МПа	Рсж, МПа	Ультразвук	Рсж, МПа	Рсж, МПа	Ультразвук	Рсж, МПа
Город	Ризг	Рсж	Нагр	Остыв	Остыв	Нагр	Остыв	Остыв	Нагр	Остыв	Остыв
Пермь	3,4	16,8	0	2,0	18,8	0	4,0	27,6	3,0	9,0	27,6
Тюмень	5,6	12,5	9,0	16,0	25,2	11,0	17,0	24,8	11,0	17,0	24,8



Максимальная температура – 200 град С;
Нагрев 4 час.
Выдержка 24 час.
Охлаждение 8 час



***Благодарю
за
внимание***