

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЖУРНАЛ

# Бурение & Нефть

**РОССИЙСКО-КИТАЙСКАЯ ЗАДАЧА С ТРУБАМИ.  
УСЛОВИЯ ИЗВЕСТНЫ, ПОИСК РЕШЕНИЯ  
ПРОДОЛЖАЕТСЯ**

**ИСТОРИЯ И РЕКОРДЫ СУРГУТСКОГО УБР-3**

**ВЕСНОЙ О МОРОЗОСТОЙКОСТИ**

**ПЕРСПЕКТИВЫ КОЛТЮБИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**«ТМК» О ТРУБАХ ОСОБОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**ТРУБНЫЙ СОРТАМЕНТ ПО СТАНДАРТАМ  
API ОТ ГК «МИРРИКО»**

**ЭЛЕКТРОБУРЕНИЕ ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ  
С ГЕРМЕТИЗИРОВАННОЙ ОПОРОЙ**

**4** АПРЕЛЬ  
**2008**



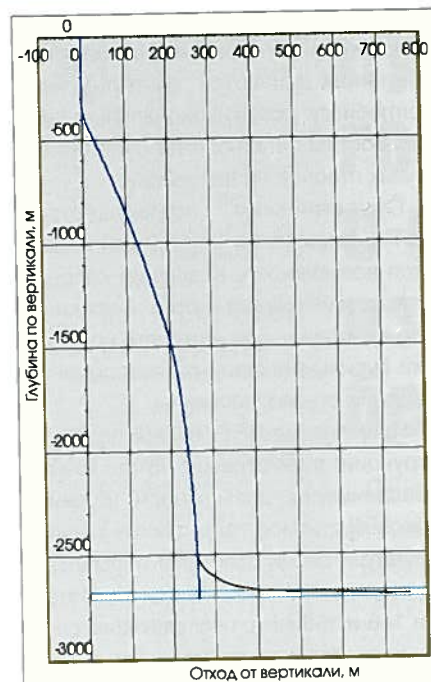


Рис. 2. Профиль основного и бокового горизонтального ствола скважины

счет отсутствия резких изменений диаметра между телом трубы и замком, как в случае со стальными бурильными трубами.

В качестве промывочной жидкости используют азрированную товарную нефть или азрированный биополимерный раствор. Забойное давление при вскрытии пласта регулируется двумя способами: увеличением или уменьшением избыточного давления с помощью системы дросселирования на устье или обеспечением необходимой плотности ПЖ, которая достигается ее азрацией инертным газом (азотом).

Проведем анализ использования ЛБТ беззамковой конструкции для бурения бокового горизонтального ствола. Сопоставим расчетные показатели на рассматриваемой скважине с аналогичными при применении СБТ в компоновке бурильной колонны [1, 2].

Табл. 2. Потери давления в циркуляционной системе в конце интервала

	Потери давления в элементах циркуляционной системы, МПа						Потери Р в системе без долота, МПа	Потери мощности в системе без долота, кВт	Потери мощности на долоте, кВт	Гидравлическая мощность системы, кВт
	В долоте	На устье	В УБТ	В трубах	За УБТ	За трубами				
Колонна СБТ	2,6	0,1	1,7	10,3	0,08	1,7	13,9	107,596	19,9	127,5
Колонна ЛБТ	2,6	0,1	2,5	2,1	0,1	5,5	10,3	80,791	19,9	100,691
Колонна ЛБТ с учетом поправки на $\lambda = 1/1,3$	2,6	0,1	2,5	1,6	0,1	4,8	9,1	69,182	19,9	89,082m

Нами проведены сравнительные расчеты, результаты которых представлены в табл. 1 и 2, а компоновки бурильных колонн представлены на рис. 1, профиль скважины — на рис. 2.

Проведем сравнительный гидравлический анализ для рассматриваемых бурильных колонн при бурении интервала бокового ствола 2514 — 3120 м турбинным способом при промывке забоя биополимерным раствором плотностью 1080 кг/м<sup>3</sup>. Результаты расчета сведены в табл. 2.

Рассчитаем энергозатраты при однократном подъеме бурильной колонны с забоя скважины глубиной 3120 м для двух рассматриваемых компоновок.

Абсолютная при применении ЛБТ экономия энергии на однократный подъем бурильной колонны значительна и составляет 80,9 кВт·ч.

Следовательно, энергетические затраты на однократный подъем бурильной колонны, а значит, и за весь цикл бурения рассматриваемого бокового ствола при применении ЛБТ более чем в 2 раза ниже, чем при применении СБТ.

Немалый интерес представляет минимально допустимый радиус искривления ствола скважины для каждой из бурильных колонн. Расчет [3] показал, что минимальный радиус кривизны для ЛБТ беззамковой конструкции в

1,6 раза меньше, чем у СБТ эквивалентного размера. Это позволяет более эффективно применять ЛБТ при жестких требованиях к профилю БГС и решать конкретные технологические задачи.

При одинаковом радиусе кривизны скважины напряжения изгиба в ЛБТ будут в 2,4 раза меньше, чем в стальных. Значит, вероятность аварии с применением ЛБТ существенно ниже, чем с применением СБТ.

Таким образом, приведенные расчеты свидетельствуют о высокой перспективности применения ЛБТ при бурении боковых горизонтальных стволов.

#### Литература

1. Г.М. Файн, А.С. Неймарк. Проектирование и эксплуатация бурильных колонн для глубоких скважин // М., Недра. 1985. 237 с.
2. Г.М. Файн, В.Ф. Штамбург, С.М. Даниелянц. Нефтяные трубы из легких сплавов // М., Недра. 1990. 222 с.
3. А.Г. Калинин, Б.А. Никитин, К.М. Солондкий, А.С. Поваляхин. Профили направленных скважин и компоновки низа бурильных колонн // М., Недра. 1995. 303 с.
4. Г.М. Файн. Гидравлические характеристики бурильных труб из сплавов алюминия (ЛБТ) // Интервал. 2004. №1. С. 27.



## ООО «РАМ»

Золотниковые клапаны для УЭЦН и ШГН

141090  
М.О., г. Юбилейный  
ул. Пионерская, дом 1/4  
Тел/факс: (495) 544-27-27  
E-mail: mail@ramtech.su

# Результаты исследований морозостойкости камня облегченных тампонажных цементов

## RESULTS OF RESEARCHES OF FROST RESISTANCE OF THE STONE OF LIGHT SLURRY CEMENTS

N. SHCHERBICH, I. BELEY, L. KASHNIKOVA, S. RODER, S. KARMATSKIKH, TyumenNIIGiprogas OOO  
V. VYALOV, NOVATEK-Yurkharovneftegas OOO  
V. LAZAREV, Burgas, OOO, E. TSIPKIN, Granule ZAO

One of the directions of increasing of frost resistance of the slurry stone (on deposits of Western Siberia) is input of the special reinforced additives in structure of initial slurry cement.

**М**орозостойкость камня — способность переносить без снижения прочности повторные деформации, связанные с образованием льда в порах тампонажного камня в циклах «замораживание — оттаивание — замораживание».

Одним из основных факторов, вызывающих разрушение насыщенного водой цементного камня, является переход воды в лед с увеличением в объеме примерно на 9% [2]. При этом температура замерзания воды в порах цементного камня зависит от количества растворимых веществ, а также размеров самих пор к моменту охлаждения до минусовых температур. В крупных капиллярных порах она находится в свободном состоянии и замерзает при температуре, близкой к нулю, а в порах с промежуточными размерами — при минус 10°C. В гелевых порах вода не замерзает и при этой температуре, так как находится в адсорбционно-связанном состоянии. Поэтому в большинстве случаев именно одновременность замерзания воды в порах различного размера и возникающее при этом избыточное давление являются основной причиной нарушения структуры цементного камня.

Для предотвращения этого явления при циклическом воздействии режимов «замораживания — оттаивания» требуется при-

менение специальных быстрогидратирующих тампонажных материалов. Последние исследования морозостойкости тампонажного камня применительно к условиям цементирования обсадных колонн в интервалах ММП на месторождениях севера Тюменской области были проведены в начале 80-х годов [1, 3].

Институтом «ЗапСибБурНИПИ» в 1982 г. была разработана специальная методика, позволяющая оценивать морозостойкость тампонажного камня при строительстве разведочных скважин, и проведены испытания камня из применяемых в то время асбестоцементных, гелецементных, цементновермикулитовых растворов [2, 3].

Для газовых скважин ВНИИгазом и ООО «ТюменНИИгипрогаз» была разработана методика [1], в основу которой заложены специфические требования, предъявляемые к тампонажным материалам для крепления скважин в породах, характеризующихся низкими положительными и отрицательными температурами. Согласно этой методике исследования морозостойкости тампонажного камня выполняются при циклическом воздействии знакопеременных температур, соответствующих фактическим замерам температуры в скважинах. Последовательное изменение температур-

Табл. Физико-механические свойства тампонажных растворов и камня на основе ЦТРО и ЦТОС-5 при температуре 22 ± 2°C

Состав раствора, мас. ч.	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Растекаемость, мм	Водоотделение, мл	Сроки схватывания, ч-мин.		Линейное расширение через 2 сут., %	Прочность камня через 2 сут., МПа	
				начало	конец		изгиб	сжатие
ЦТРО								
1,0ц + 0,55 в	1,50	240	0,1	7-25	8-15	0,28	1,9	5,4
1,0ц + 0,55 р CaCl <sub>2</sub>	1,52	210	0	3-40	4-20	0,35	2,1	5,8
1,0ц + 0,55 р NaCl	1,52	230	0	6-30	7-50	0,36	2,5	6,2
ЦТОС-5								
1,0ц + 0,7 в	1,49	288	2,2	9-30	11-25	-	1,5	4,2
1,0ц + 0,7 р CaCl <sub>2</sub>	1,51	220	0,0	4-45	6-05	0,1	1,6	4,5
1,0ц + 0,7 р NaCl	1,51	215	0,0	7-30	9-35	0,15	1,9	8,2

Примечание: использовались растворы CaCl<sub>2</sub> и NaCl плотностью 1,03 г/см<sup>3</sup>.

**Н.Е. ЩЕРБИЧ**, к.т.н., заведующий отделом,  
**И.И. Белей**, к.т.н., ведущий научный сотрудник,  
**Л.Л. КАШНИКОВА**, старший научный сотрудник,  
**С.А. РОДЕР**, инженер,  
**С.А. КАРМАЦКИХ**, старший научный сотрудник, отдел крепления скважин, ООО «ТюменНИИгипрогаз»  
**В.В. ВЯЛОВ**, начальник отдела бурения ООО «НОВАТЭК-Юрхаровнефтегаз»  
**В.Б. ЛАЗАРЕВ**, заместитель директора по производству, филиал «Центр цементирования скважин» ООО «Бургаз»  
**Е.Б. ЦЫПКИН**, председатель совета директоров, ЗАО «Гранула»

*Большинство газовых и газоконденсатных месторождений Западной Сибири расположены в районах распространения многолетнемерзлых пород (ММП), которые для создания надежной крепи скважины должны перекрываться кондуктором. Требования обязательного цементирования кондуктора до устья при наличии в разрезе пластов с низкими градиентами гидроразрыва пород обуславливают необходимость применения облегченных тампонажных растворов (ОТР). По этой причине для облегченных растворов, размещаемых в верхней части законного пространства (0 — 400 м) и имеющих значительную площадь контакта с мерзлыми породами, одной из основных и обязательных характеристик является морозостойкость тампонажного камня [1].*



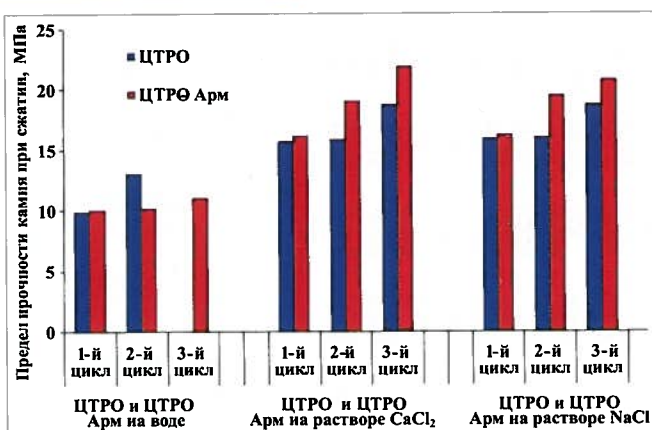


Рис. 1. Изменение прочности камня ЦТРО и ЦТРО-Арм в циклах «замораживания — оттаивания» при затворении водой и растворами CaCl<sub>2</sub> и NaCl (плотностью 1,03 г/см<sup>3</sup>)

ных условий хранения образцов камня с определенной степенью приближения соответствует тепловому воздействию на цементный камень в процессе бурения, консервации, освоения, эксплуатации, останковки скважины и ввода ее в дальнейшую эксплуатацию.

В связи с появлением в последние годы новых типов облегченных тампонажных цементов, рекомендованных различными компаниями, в том числе и для строительства скважин в интервале ММП, возникла необходимость исследования на морозостойкость этих материалов. Актуальность данных работ обусловлена также ожидаемым увеличением объемов строительства эксплуатационных газовых скважин на месторождениях полуострова Ямал, разрез которых включает пласты многолетнемерзлых пород с повышенной льдистостью.

В данной публикации приводятся результаты испытаний морозостойкости тампонажного камня на основе цемента тампонажного расширяющегося облегченного (ЦТРО и ЦТРО-Арм с армирующей добавкой) по ТУ 5734-003-7464232-2006 и цемента тампонажного облегченного стабилизированного (ЦТОС-5 и ЦТОС-5-Арм с армирующей добавкой) по ТУ 5734-001-7436232-2006, выпускаемых ЗАО «Гранула». Основные физико-механические свойства облегченного тампонажного раствора и сформированного камня цемента ЦТРО и ЦТОС-5 при температуре 22 ± 2°С представлены в таблице.

Можно видеть, что при нормальной температуре приготавливаемые на воде облегченные растворы на основе ЦТРО-5 и ЦТОС-5 плотностью 1,50 ± 0,02 г/см<sup>3</sup> формируют камень в

короткий период с прочностью, превышающей требования ГОСТ 1581-96, предъявляемые к прочности камня из цементов ПЦТ III Об-5-50, и нормативы отраслевых руководящих документов РД 39-00147001-767 [4] и СТО «Газпром» РД 2.1-148 [5]. В то же время составы с использованием ЦТРО характеризуются более высокой гидратационной активностью, по сравнению с ЦТОС-5, благодаря меньшему водоцементному отношению и наличию специальных добавок, способствующих ускорению начала процессов гидратации базового вяжущего.

Исследования стойкости облегченного тампонажного камня цементов ЦТРО и ЦТОС-5 к циклическому воздействию знакопеременных температур выполнялись согласно «Методическим указаниям по испытанию тампонажных материалов для условий многолетнемерзлых пород» [1] с учетом результатов испытаний тампонажных растворов с ускоряющими добавками при отрицательных температурах, полученных ранее ООО «ТюменНИИгипрогаз».

Учитывая практический опыт цементирования обсадных колонн в районах Крайнего Севера с использованием смесительно-осреднительных установок типа 1УСО-20, когда после приготовления и накопления большого объема тампонажных растворов закачиваются в скважину уже с температурой от 16 до 22°С и лишь затем в статических условиях твердеют в условиях снижения температуры от начальной до температуры на стенке пород, в лабораторных условиях предварительное охлаждение компонентов не производилось.

Для изготовления образцов тампонажного камня ЦТРО и ЦТОС-5 об-

легченные тампонажные растворы приготавливались в лабораторном смесителе по ГОСТу 26798.1-96 с использованием в качестве жидкости затворения воды водных растворов хлоридов кальция и натрия плотностью 1,03 г/см<sup>3</sup>. После приготовления облегченные растворы дополнительно кондиционировались в лабораторной мешалке (скорость вращения ротора мешалки поддерживали в пределах 150 ± 20 об/мин.) в течение 90 мин., что соответствует длительности процесса закачки и продавки при цементировании колонн.

Подготовленные таким образом растворы заливались в формы ФБС-1 и помещались в холодильную камеру для твердения при температуре +5°С в воздушной среде. Через 24 часа образцы-балочки камня расформировывались, помещались в водную среду и выдерживались последовательно при следующих температурах: 48 ч — +5°С; 48 ч — -5°С (воздушная среда); 24 ч — +5°С (водная среда); 48 ч — +20°С (водная среда); 24 ч — +5°С (водная среда); 48 ч — -5°С (воздушная среда); 48 ч — +5°С (водная среда).

Выполненный первый цикл замораживания и оттаивания составлял 12 суток, после чего часть балочек испытывалась для определения предела прочности камня при изгибе (3 образца) и сжатии (6 образцов). Остальные образцы камня далее выдерживались и испытывались еще в двух циклах «замораживания — оттаивания» (девять суток каждый) при следующих температурах: 48 ч — -5°С; 24 ч — +5°С; 48 ч — +20°С; 24 ч — +5°С; 48 ч — -5°С; 24 ч — +5°С.

При испытаниях контролировалось состояние образцов камня (появление трещин, отколов, шелушение по-

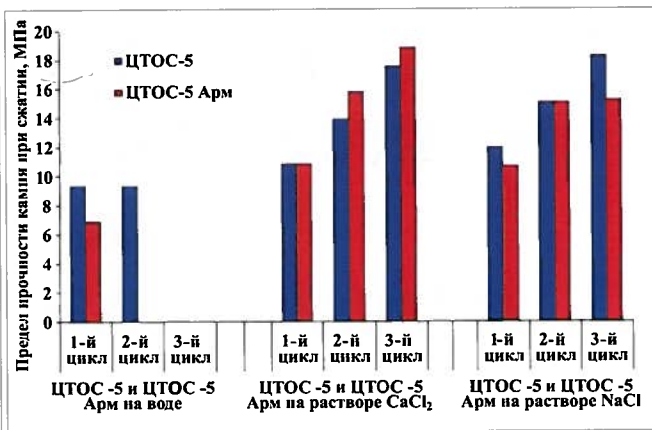


Рис. 2. Изменение прочности камня ЦТОС — 5 и ЦТОС — 5 Арм в циклах «замораживания — оттаивания» при затворении водой и растворами CaCl<sub>2</sub> и NaCl (плотностью 1,03 г/см<sup>3</sup>)

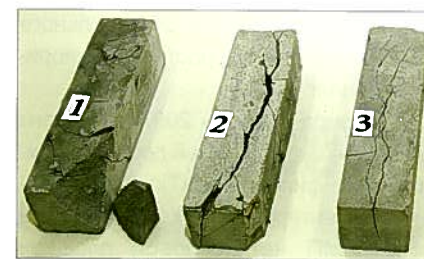


Рис. 3. Характер разрушения тампонажного камня в циклах «замораживания — оттаивания» при затворении ЦТРО и ЦТОС-5 пресной водой: 1 — камень ЦТОС-5 после 1-го цикла «замораживания — оттаивания»; 2, 3 — камень ЦТОС-5 и ЦТРО после 3-го цикла «замораживания — оттаивания»



Рис. 4. Характер разрушения тампонажного камня с армирующим волокном при определении предела прочности на изгиб

верхности), а морозостойкими считались составы, камень которых не разрушался и сохранял прочностные характеристики после трех циклов воздействия знакопеременных температур.

Результаты исследований изменений предела прочности камня при сжатии в циклах «замораживания — оттаивания» приведены на рис. 1 и 2. Одним из основных факторов, влияющих на морозостойкость камня испытанных облегченных цементов, является тип жидкости затворения, что в целом свойственно и другим типам цементов.

В случае затворения ЦТРО и ЦТОС-5 на пресной воде тампонажный камень характеризуется недостаточной морозостойкостью и после первого цикла «замораживания — оттаивания» появляются сколы, отслоения на поверхности, а после второго и третьего циклов «замораживания — оттаивания» происходит образование трещин по длине образцов и их разрушение (рис. 3).

В большей степени отрицательному влиянию знакопеременных температур подвержен камень на основе ЦТОС-5, для которого уже не наблюдается увеличение прочности камня ко второму циклу выдержки, а образцы имеют больше поверхностных дефектов. Это связано в первую очередь с более высоким водоцементным

отношением, и, соответственно, при таком количестве несвязанной воды в условиях низкой положительной температуры происходит формирование камня с капиллярным типом пор. Тем не менее, наличие определенного количества растворимых веществ в капиллярной воде предотвращает ее полное замерзание и разрушение камня после воздействия двух циклов «замораживания — оттаивания». Разрушение камня после третьего цикла обусловлено, очевидно, замерзанием капиллярной воды в результате ее «опреснения» проникающей водой на стадии оттаивания и выдержки образцов в пресной воде во втором цикле испытаний.

Наличие большей концентрации растворимых веществ в составе капиллярной жидкости в камне ЦТРО способствует продолжению реакции гидратации и дальнейшему повышению прочности после двух циклов выдержки. Однако при этом, по-видимому, не происходит формирования в полном объеме структуры камня с промежуточным и гелевым типом пор и возможно проникновение пресной воды в часть пор с последующим ее замерзанием и разрушением камня на отдельные фрагменты (рис. 3).

Испытания составов тампонажных растворов, приготовленных с использованием цементов со специальной армирующей добавкой (типа ЦТРО-Арм и ЦТОС-5-Арм), показали возможность получения морозостойкого камня на основе ЦТРО-Арм даже в случае затворения его водой (рис. 1). Наличие волокон, помимо армирующего эффекта, очевидно, способствует снижению общей пористости камня и формированию структуры с более мелким размером пор, исключаяющей проникновение пресной воды после второго цикла воздействия.

Установлено, что формирование морозостойкого камня из облегченных тампонажных цементов ЦТРО и ЦТОС-5 в полной мере может быть обеспечено при их затворении растворами хлорида кальция или натрия. Как видно из рис. 1 и 2, для таких составов не только не происходит снижения прочности камня во всех циклах воздействия знакопеременных температур, но и наблюдается увеличение прочности, конечная величина которой определяется типом цемента и составом жидкости затворения.

В случае ЦТРО более высокие конечные значения прочности камня получены при затворении цемента раствором хлористого натрия, несмотря на более короткие сроки схватывания составов с хлоридом кальция. Это связано с тем, что основной набор прочности камня при использовании CaCl<sub>2</sub> происходит в начальный период твердения вследствие более высокой скорости гидратации цемента с данной противоморозной добавкой.

В то же время для составов с NaCl реакции гидратации ЦТРО при низкой положительной и отрицательной температурах протекают значительно медленней и не завершаются даже после второго цикла «замораживания — оттаивания».

Для цемента ЦТОС-5 при затворении растворами хлоридов кальция и натрия наблюдается несколько иной эффект: повышение прочности камня во времени характерно для составов с обеими противоморозными добавками, но конечные значения прочности камня после трех циклов воздействия знакопеременных температур также несколько выше для составов с NaCl.

Такое влияние добавок солей обусловлено, прежде всего, составом цемента ЦТОС-5, содержащим в большем количестве полидисперсные кремнеземсодержащие добавки. Благодаря этому возможны дальнейшие реакции кремнезема с продуктами гидратации базового вяжущего с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция и повышением прочности камня во времени.

Одним из направлений повышения морозостойкости тампонажного камня в циклах «замораживания — оттаивания» является ввод в состав исходного тампонажного цемента (или в приготовленный тампонажный раствор) специальных армирующих добавок. При этом обеспечивается стойкость камня к разрушению в результате возникающих деформаций расширения, обусловленных замерзанием жидкости затворения в порах камня.

Чаще всего в качестве такой армирующей добавки используются различные виды асбестов, что обусловлено их специфическими свойствами, низкой стоимостью, возможностью дополнительной стабилизации тампонажного раствора в случае увеличения жидкостно-твердого соотно-



шения для получения облегченных суспензий [2].

С целью определения влияния эффекта армирования на морозостойкость и получения облегченного тампонажного камня, обладающего повышенным сопротивлением к деформациям изгиба, сжатия и ударным нагрузкам, не образующего трещин при пластической усадке, исследовались составы ЦТРО-Арм и ЦТОС-Арм с новой армирующей добавкой.

Особенностью составов ЦТРО-Арм и ЦТОС-5-Арм является то, что для армирования применяется специальный вид калиброванных волокон, которые характеризуются определенной длиной и диаметром. В отличие от асбеста, который является материалом с различным размером волокон, включающим также частицы в виде пыли и гали, стабильность фракционного состава волокон, добавляемых в ЦТРО и ЦТОС-5, обеспечивает однородность тампонажных смесей и стабильность основных технологических показателей раствора — камня при определенной концентрации волокон. Кроме того, благодаря большому количеству (300 млн/кг) и удельной поверхности данных волокон (225 м<sup>2</sup>/кг) добавка их к цементу значительно меньше по сравнению с асбестом. Не менее важно, что они могут добавляться непосредственно в сухой тампонажный цемент на стадии смешивания с другими сухими компонентами. Обеспечить однородность сухой смеси в случае добавки асбеста к цементу практически невозможно, поэтому в основном применяется способ приготовления тампонажных растворов с вводом асбеста в жидкость затворения.

Как показали наши исследования, несмотря на столь незначительные добавки армирующих волокон в ЦТРО и ЦТОС-5 происходит армирование камня с равномерным распределением волокон по всему объему.

При определении предела прочности при изгибе камня ЦТРО-Арм и ЦТОС-5-Арм происходит его разрушение, но половинки образца-балочки остаются скрепленными волокнами, поэтому требуется дополнительное усилие для разрыва волокон (рис. 4). На сломе видны волокна, равномерно распределенные в цементном камне и расположенные перпендикулярно излому. Как правило, происходит разру-

шение волокон по длине, что говорит о высокой прочности их сцепления с матрицей камня.

При испытаниях на сжатие происходит увеличение продолжительности приложения нагрузки к армированным образцам камня для его разрушения. При этом камень разрушается с образованием множества трещин, но образец не распадается на отдельные фрагменты, а сохраняет форму образца-балочки, в которой фрагменты скреплены волокнами.

Как указывалось ранее, при затворении цементов ЦТРО-Арм и ЦТОС-5-Арм водой наличие армирующих волокон предотвращает разрушение и снижение прочности камня по мере увеличения количества циклов «замораживания — оттаивания» только в случае ЦТРО-Арм.

При затворении ЦТРО-Арм и ЦТОС-5 Арм водными растворами хлорида кальция и хлорида натрия сформированные камни характеризуются высокой морозостойкостью и сохраняют прочность в течение трех циклов «замораживания — оттаивания». При этом образцы ЦТРО-Арм имеют более высокую прочность камня, по сравнению с ЦТРО без армирующего волокна, и для них сохраняется тенденция к дальнейшему увеличению предела прочности камня при сжатии независимо от вида противоморозной добавки. В отличие от ЦТРО-Арм при испытании ЦТОС-5-Арм такая тенденция наблюдается только в случае использования хлорида кальция, что объясняется большей эффективностью данной соли с точки зрения ускорения процессов гидратации при низких положительных и отрицательных температурах данного цемента, затворяемого с относительно высоким водоцементным отношением.

Таким образом, по степени сохранения прочностных характеристик тампонажного камня в циклах «замораживания — оттаивания» испытанные составы на основе ЦТРО и ЦТРО-Арм при затворении растворами хлорида кальция и натрия являются более предпочтительными в качестве базового материала для приготовления тампонажных растворов при цементировании обсадных колонн в интервале ММП.

Применение цементов ЦТОС-5 и ЦТОС-5-Арм может быть рекомендовано для цементирования кондукто-

ров лишь при условии обязательного затворения смесей раствором хлорида кальция.

В период 2005 — 2007 гг. цемент ЦТРО (без армирующей добавки) применялся филиалом «Тюменбургаз» при цементировании кондукторов в зоне ММП на Песцовой площади Уренгойского ГКМ, Анерьяхской и Харвутинской площадях Ямбургского ГКМ и др. Анализ результатов оценки качества цементирования кондукторов (по данным АКЦ) на Харвутинской площади в интервале размещения облегченных тампонажных растворов на основе ЦТРО показывает, что при условии выполнения всего комплекса технико-технологических мероприятий по обеспечению высокой степени заполнения затрубного пространства коэффициенты качества сцепления облегченного камня составляют не менее 0,6 [6]. Это является высоким показателем для облегченного тампонажного камня, твердеющего в условиях ММП, и свидетельствует о высокой гидратационной активности данного цемента при низких положительных и отрицательных температурах.

#### Литература

1. Методические указания по испытанию тампонажных материалов для условий многолетнемерзлых пород // М., ВНИИГаз. 1982. 31 с.
2. Временная инструкция по цементированию обсадных колонн асбестоцементными растворами // Тюмень, ЗапСибБурНИПИ. 1989. 41 с.
3. Методика испытаний тампонажного камня на морозостойкость // Тюмень, ЗапСибНИГНИ. 1982. 6 с.
4. Инструкция по креплению нефтяных и газовых скважин. РД 39-00147001-767-2000. Утв. ОАО «Газпром» 25.07.2000, введ. в действие с 01.08.2000 // Москва — Краснодар, ООО «Просвещение Юг». 2000. 277 с.
5. Тампонажные портландцементы. Технические требования. СТО Газпром РД 2.1-148-2005. Утв. ОАО «Газпром» 10.02.05, введ. в действие с 20.06.05 // М., ООО «ИРЦ Газпром». 2005. 27 с.
6. И.И. Белей, Л.М. Каргапольцева, Н.Е. Щербич и др. Новые тампонажные материалы для цементирования обсадных колонн в скважинах с различными термобарическими условиями (часть I) // НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2007. №6. С. 33 — 37.

## Оценка остаточного ресурса трубопровода при сейсмическом воздействии

ESTIMATION OF THE RESIDUAL RESOURCE OF THE PIPELINE AT SEISMIC INFLUENCE

G. MURZAKHANOV, Terrens Engineering ООО, S. OLEINIKOV, MEI TU

Article presents the estimation of the residual resource of the underground pipeline as result of the dynamic influence of seismic type, in particular with force 9 point, using of the program complex.

Расчет подземных трубопроводов на динамическое воздействие сейсмического типа представляет собой достаточно сложную задачу. Одна из основных трудностей связана с характером действующей нагрузки, трудно поддающейся математическому описанию. Как правило, она задается в виде соответствующих графиков, полученных преимущественно непосредственными натурными измерениями. Одним из видов динамических воздействий на трубопроводы являются воздействия, возникающие во время землетрясений, промышленных взрывов и т. д.

Исследования, а также практика эксплуатации трубопроводов показывают, что подземные трубопроводы, проложенные в сейсмических районах, при землетрясениях подвергаются воздействию значительных динамических нагрузок (более 8 баллов по сейсмической шкале MSK-64). Динамический расчет подземных трубопроводов при сейсмических нагружениях может быть осуществлен, если известны закон движения при землетрясениях грунтового массива, окружающего трубопровод, и вид функции, характеризующей взаимодействие трубопровода и грунта [3].

На основании материалов обследования реальных трубопроводов, перенесших землетрясения, а также данных экспериментальных исследований, можно все повреждения и разрушения сгруппировать следующим образом:

- ♦ разрушения трубопроводов, вызванные смещениями грунтовой толщи вдоль активного разлома;
- ♦ разрушения или повреждения трубопроводов вне зон влияния тектонического разлома в результате совместных деформаций трубопровода и грунтового массива, в котором этот трубопровод находится;
- ♦ разрушения или повреждения трубопроводов в местах их подсоединения к другим трубопроводам или сооружениям, а также на границах участков, сложенных грунтами с различными деформационными (сейсмическими) свойствами.

Разрушения или повреждения трубопроводов, проложенных в однородных грунтах, при сейсмических воздействиях, направленных по нормали к продольной оси трубопровода, наиболее возможны в случаях соответствующего нагружения тонкостенных трубопроводов большого диаметра. Данные расчетов подтверждают появление значительных дополнительных сейсмических напряжений, возникающих при землетрясениях, сила которых не менее 9 баллов по шкале MSK-64 [4].

Проведение расчетов трубопроводов, пересекающих линии тектонических разломов, при ограниченных сведениях и величине взаимного смещения берегов разлома практически нецелесообразно. В случае необходимости пересечения трассой линии разлома необходимо всякий раз выбирать наиболее приемлемое конструктивное решение, которое обеспечивает свободное смещение трубопроводов в зоне, примыкающей к разлому [4, 7].

Существуют два принципиально различных подхода к расчету подземных трубопроводов вне зон разлома. Первый из них связан с рассмотрением колебаний трубопровода, взаимодействующего с грунтом, на основе динамической теории сейсмостойкости подземных сооружений. При втором подходе повреждения или разрушения трубопровода связывают с деформациями (сжатием — растяжением) грунтовой среды вдоль продольной оси трубопровода. Сейсмическое воздействие рассматривают как квазистатическое. При этом особый интерес представляет наиболее часто встречающийся случай разрушения или повреждения трубопроводов в результате воздействия сейсмической волны, направление которой совпадает с продольной осью трубопровода. При этом сейсмические воздействия, характеристики грунтового массива и самого трубопровода можно рассматривать как воздействия и характеристики, имеющие вероятностный характер.



Г.Х. МУРЗАХАНОВ, д.т.н., профессор, генеральный директор, ООО «Терренс Инжиниринг»



С.С. ОЛЕЙНИКОВ, аспирант, МЭИ (ГУ)

*Рассматриваются методика и программный комплекс по оценке индивидуального остаточного ресурса трубопроводов [1, 2]. Программный комплекс позволяет в интерактивном режиме проводить расчеты остаточного ресурса для протяженных линейных участков трубопроводов, содержащих различные дефекты. В статье приводится оценка остаточного ресурса подземного трубопровода при динамическом воздействии сейсмического типа, в частности при 9-балльном сейсмическом воздействии.*