

УДК 622.245.423

Экспериментальное исследование тампонирувания потайных обсадных колонн с применением синтетических герметиков

Алейников Е. А., Юшков А. С., Юшков И. А.

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Аннотация

Описана методика и результаты исследования тампонирувания потайных обсадных колонн с применением синтетических герметиков в сравнении с цементным раствором на лабораторных моделях. На основе анализа результатов сделан вывод о перспективности применения синтетических герметиков и возможности перехода к производственным испытаниям разработанного способа тампонирувания.

В практике бурения геологоразведочных скважин в сложных горно-геологических условиях используют обычные колонны обсадных труб, верхняя часть которых выходит к устью скважины, и так называемые «потайные» обсадные колонны (ПОК), верх которых не выходит на поверхность и находится в незакрепленной части ствола скважины или внутри предыдущей колонны. Первые обеспечивают надежное закрепление стенок скважины, вторые позволяют резко сократить расход обсадных труб и затраты времени на крепление, но надежность изоляции затрубного пространства ниже, так как в условиях катастрофических поглощений промывочной жидкости, например в зонах влияния горных работ, часто не удается изолировать верхнюю часть колонны, и поглощение промывочной жидкости продолжается.

В связи с высокими ценами на трубную продукцию удельный вес применения ПОК значительно возрос. В настоящее время количество устанавливаемых потайных колонн составляет более половины от общего числа колонн. Между тем проблема закрепления верхнего конца обсадных труб осталась нерешенной. Это вызывает общее ухудшение качества изоляционных работ.

Технология тампонирувания верхнего конца ПОК обычно включает установку на некотором расстоянии от верха колонны уплотнительного устройства, перекрытие внутренней полости труб пробкой и закачку в зазор между трубами и стенкой скважины тампонажного раствора на основе цемента.

Эта технология содержит следующие недостатки:

- уплотнительные устройства, создающие перемычку в зазоре, не всегда надежны;
- заливка тампонажного раствора сверху в двух- трехмиллиметровый зазор не приводит к равномерному и полному его заполнению, остаются полости, так как трубы расположены в скважине несоосно, а зазор заполнен промывочной жидкостью, замещение которой затруднено;
- невозможно применить подачу раствора через пакер, то есть с избыточным давлением, так как при этом нарушится уплотнительное устройство, и раствор уйдет в поглощающую зону.

На кафедре «Технология и техника геологоразведочных работ» ДонНТУ разрабатывается принципиально новая методика герметизации верхнего конца ПОК. Предлагается подавать тампонажный раствор в зазор между трубами и стенкой скважины не сверху–вниз, а снизу–вверх и изнутри колонны [1, 2, 3].

Для этого на некотором расстоянии от верха колонны она перфорируется, ниже отверстий внутри труб укрепляется легко разбуриваемая перемычка, а снаружи устанавливается специальная эластичная манжета. Затем используется тампонажный герметизирующий материал.

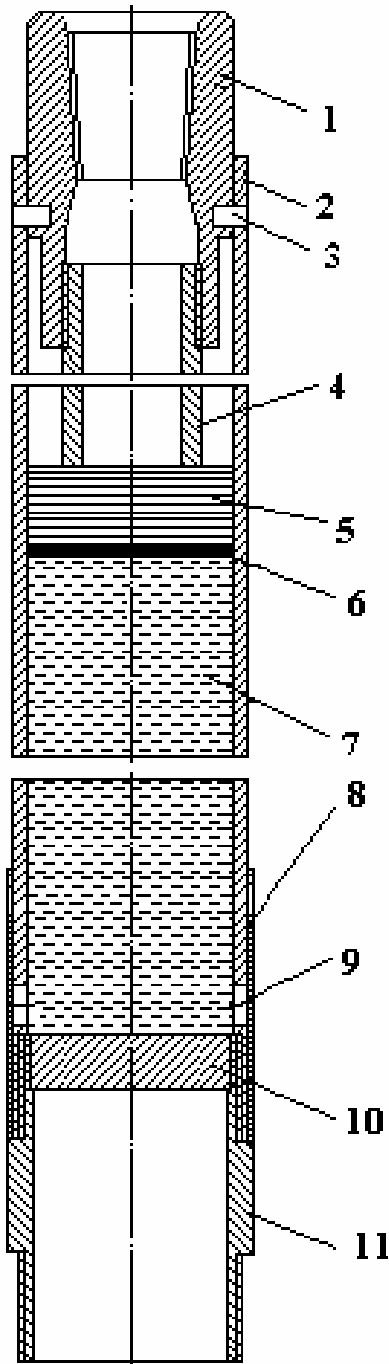


Рис. 1. Устройство для тампонирувания потайных обсадных колонн

Перспективным является применение для тампонирувания современных синтетических герметиков, более эффективных, чем традиционно применяемые цементные растворы. В связи с этим были выполнены экспериментальные работы, основными задачами которых являлись:

1. Определение минимального размера перфорационных отверстий в тампонируемой трубе.
2. Установление зависимости усилия выдавливания тампонажного материала от высоты его подъема в зазор между трубой и стенкой скважины.
3. Установление зависимости силы сцепления тампонажного материала со стенками скважины и трубой от времени с начала процесса и высоты подъема материала в тампонируемом зазоре.
4. Определение усилий выдавливания материала из зазора в зависимости от времени с начала процесса и длины заполненного материалом зазора.

Разработанное авторами тампонажное устройство показано на рисунке 1. К основной колонне труб присоединен ниппель – центратор 11, диаметр которого на 1 мм меньше диаметра бурения. Ниппель имеет уступ, на который размещена перегородка 10 из легкоразрушаемого материала (дерево). Снаружи ниппель 11 имеет проточку, на которой закреплена резиновая манжета 8. К резьбе ниппеля 11 присоединена обсадная труба 2. В верхней части трубы 2 на срезных шпильках 3 размещен переходник 1 на бурильные трубы. Внутри трубы 2 находится удлинитель 4 и поршень 5 из легкоразрушаемого материала (алюминий) с резиновой манжетой 6.

Труба 2 в нижней части имеет отверстия 9 для выхода герметика 7, перекрытые снаружи манжетой 8, которая закреплена на ниппеле 11.

Устройство работает следующим образом. На забой буровой скважины заливается цементный раствор. После спуска колонны труб на последнюю трубу привинчивается центратор 11 в сборе с трубой 2, перегородкой 10 и манжетой 8. Внутренняя полость трубы 2 заполняется тугопластичным герметиком 7, поверх которого устанавливают поршень 5 и переходник 1 с удлинителем 4. Переходник закрепляется срезной шпилькой 3, выдерживающей вес колонны. Длина удлинителя зависит от длины трубы 2, подлежащей изоляции герметиком и объема герметика 7, помещенного в трубу.

После спуска колонны на забой ее башмак входит в цементный раствор. Усилиями гидроцилиндров подачи бурового станка срезаются шпильки 3 и создается давление на поршень 5. Герметик 7 через отверстия 9 в трубе 2 выдавливается наружу и вверх в зазор между трубой и скважиной, растягивая манжету 8 и прижимая ее к стенкам скважины. Полнота выдавливания контролируется по замеру. Герметик надежно перекрывает зазор между трубой и скважиной.

Бурильные трубы, переходник и удлинитель извлекают после выдержки времени, необходимого для схватывания цемента в нижней части колонны. Внутрь опускают снаряд с колонковой трубой и коронкой и разрушают поршень 5, манжету 6 и перегородку 10.

Поскольку выполнение экспериментов в лабораторных условиях с сохранением реальных условий затруднено, опыты проводились на модели.

В качестве тампонажных материалов использовались:

- 1) цементный раствор плотностью 3000 кг/м^3 , приготовленный из цемента марки 500;
- 2) силиконовый герметик КИМ ТЕС Silicon 101Е (прочность при растяжении 1,8 МПа, устойчивость при температуре от -30 до $+120^\circ\text{C}$);
- 3) акриловый герметик Пентепласт 1140 (плотность 1550 кг/м^3 , прочность при растяжении 0,2 МПа, устойчивость при температуре от -25 до $+80^\circ\text{C}$).

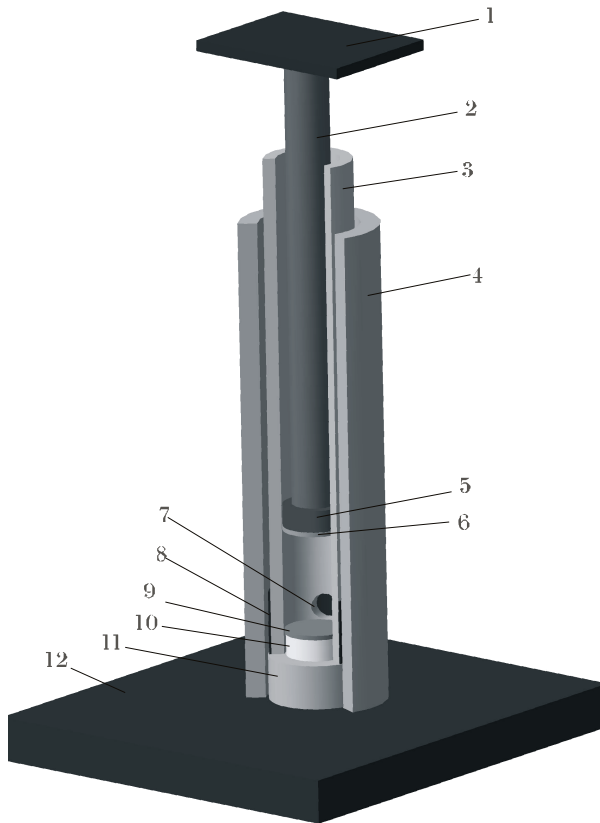


Рис. 2. Схема экспериментального стенда

Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 2.

В качестве модели обсадной трубы использована пластиковая труба 3 с внешним диаметром 40 мм и толщиной стенки 7 мм. Стенки скважины имитируются пластиковой трубой 4 с внутренним диаметром 47 мм и толщиной стенки 3 мм. Таким образом, зазор между внешней и внутренней трубами составляет 3,5 мм, что отвечает реальным условиям, где зазор между обсадной трубой и стенками буровой скважины составляет 2–3 мм. Трубы 3 и 4 располагаются на поддоне 12 и упоре 11. В нижней части трубы 3 располагается изготовленная из полистирола перегородка 10 и уплотнение 9 из пенополиуретана. В трубе 3 выше уплотнения 9 просверлены отверстия 7. Отверстия 7 перекрываются резиновой манжетой 8, расположенной на упоре между трубами 3 и 4 и присоединенной своей нижней частью к трубе 3. В трубе 3 установлен поршень 5 из полистирола, уплотнение 6 из пенополиуретана и удлинитель 2. К удлинителю 2 прикреплен навес 1, на котором располагаются мерные грузы для создания усилия на поршне 5.

В описанной сборке стенд использовался для исследования первых двух задач работы.

Для определения усилия сцепления (третья задача исследований), пространство зазора между трубами 3 и 4 заполнялось тампонажным материалом и по истечении времени схватывания до состояния, при котором материал терял текучесть, в модели убиралась детали 2, 5, 6, 8 и 11. Площадка 1 устанавливалась непосредственно на трубу 3. При создании осевых усилий фиксировалось значение, при котором связь между трубой и тампонажным материалом разрушается и труба 3 опускается до упора в поддон 12.

Для определения усилия выдавливания материала из зазора (четвертая задача) использовалась сборка, показанная на рис. 3. Модель состоит из навеса 1, удлинителя 2, поршня 3, уплотнения 4, пластиковой трубы 5, имитирующей скважину, пластиковой трубы 6 с закрытой верхней частью, поддона 7, опор 8.

Во внешнюю трубу 5 ниже уплотнения 4 помещался герметизирующий состав. После определенного времени, достаточного для начального затвердевания тампонажного состава между трубами 5 и 6, модельная конструкция устанавливалась на поддон 7 на опорах 8. К поршню 3 через удлинитель 2 и навес 1 с помощью мерных грузов прикладывалось усилие. В ходе эксперимента фиксировалось усилие, при котором герметизирующий состав выдавливался из зазора между трубами 5 и 6 в свободное пространство.

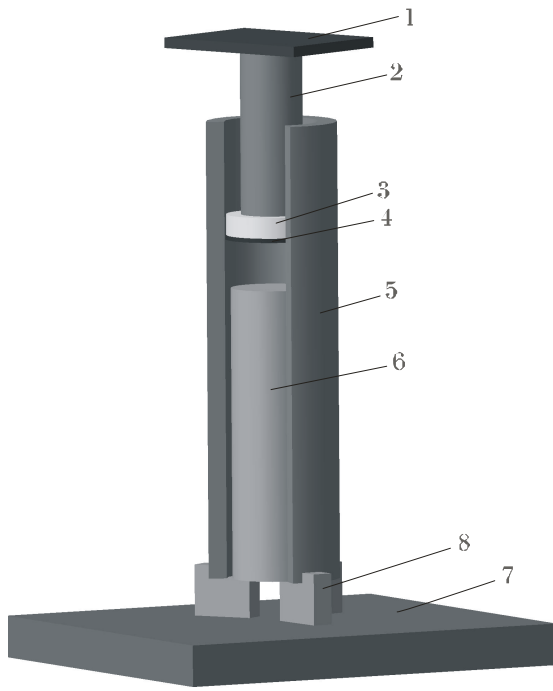


Рис. 3. Схема станда для определения усилия выдавливания материала из зазора

Исследование зависимости усилия выдавливания от диаметра отверстий показало, что усилие практически не зависит от диаметра отверстий, превышающих 8 мм для всех трех видов тампонажного материала.

Результаты исследований зависимости усилия выдавливания от высоты подъема раствора для диаметра отверстий 8 мм представлены на графике (рис. 4). С увеличением высоты подъема тампонажного раствора усилие выдавливания возрастает, причем интенсивность ее роста у цементного раствора больше, чем у синтетических герметиков.

На рис. 5 представлен график зависимости силы сцепления от времени затвердевания и высоты подъема раствора. В ходе эксперимента наименьшее время застывания (15 часов) выявлено у тампонажного раствора из силиконового герметика. Полная вулканизация акрилового герметика наступила через 24–25 часов. Затвердевание цементного тампонажного раствора наступило спустя 30 часов после затворения раствора.

С уменьшением высоты подъема тампонажного раствора сила сцепления снижается у всех типов тампонирующей смеси. Зависимость силы сцепления от времени затвердевания для цементного раствора носит возрастающий характер, близкий к линейному. Для синтетических герметиков форма зависимости является гиперболической, причем резкое возрастание силы сцепления начинается после 10 часов. Близкий к линейному характер застывания цементного раствора приводит к тому, что в начальный момент тампонирувания (до 1 часа после затворения) и в интервале 20–25 часов от начала тампонирувания сила сцепления оказывается ниже, чем у синтетических герметиков. После 15 часов затвердевания усилия для цементного раствора и для акрилового герметика примерно равны и существенно ниже, чем для силиконового герметика.

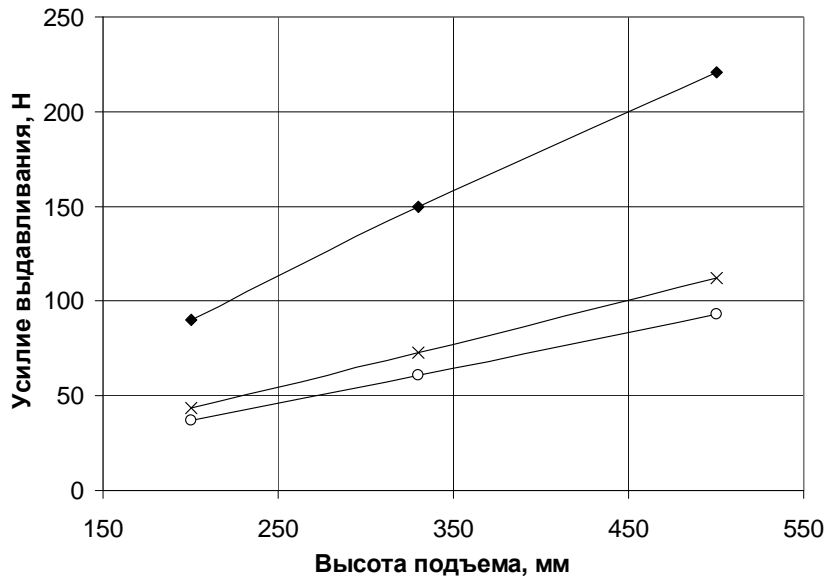


Рис. 4. График зависимости усилия выдавливания тампонажного раствора от высоты его подъема в кольцевом зазоре между стенкой скважины и потайной обсадной трубой для отверстия диаметром 8 мм
 ◆ – цементный раствор, × – силиконовый герметик КИМ ТЕС Silicon 101Е, ○ – акриловый герметик Пентепласт 1140

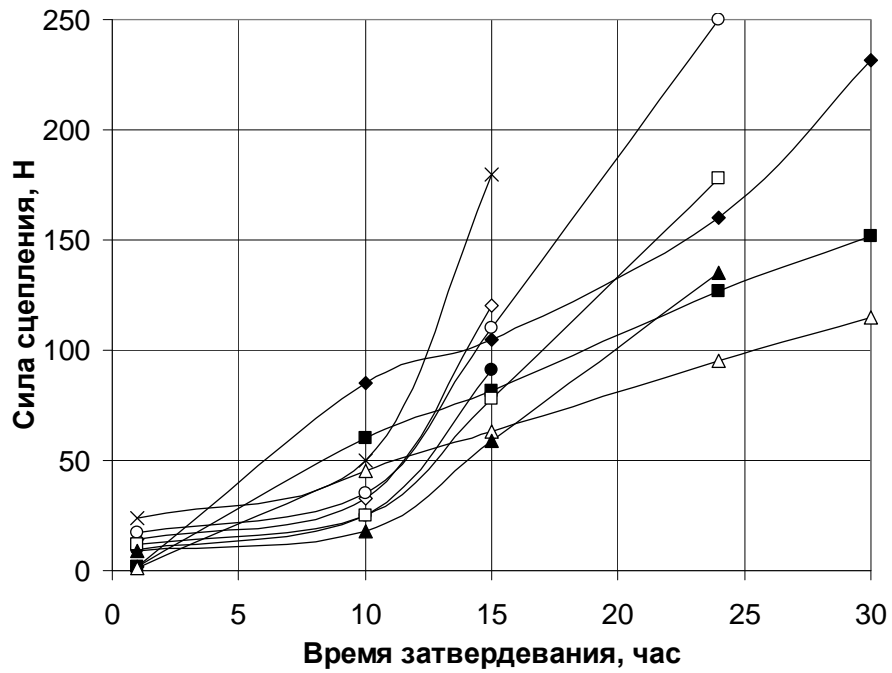


Рис. 5. График зависимости силы сцепления тампонажного раствора от времени с начала затворения раствора

- ◆ – цементный раствор, высота подъема раствора 500 мм;
- – цементный раствор, высота подъема раствора 330 мм;
- △ – цементный раствор, высота подъема раствора 200 мм;
- × – силиконовый герметик KIM TEC Silicon 101E, высота подъема раствора 500 мм;
- ◇ – силиконовый герметик KIM TEC Silicon 101E, высота подъема раствора 330 мм;
- – силиконовый герметик KIM TEC Silicon 101E, высота подъема раствора 200 мм;
- – акриловый герметик Пентепласт 1140, высота подъема раствора 500 мм;
- – акриловый герметик Пентепласт 1140, высота подъема раствора 330 мм;
- ▲ – акриловый герметик Пентепласт 1140, высота подъема раствора 200 мм.

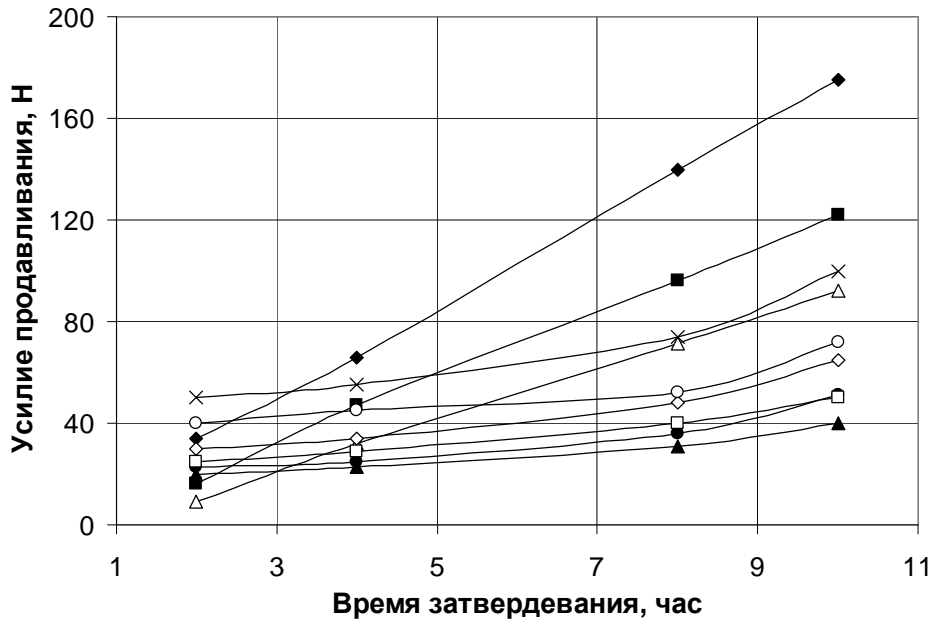


Рис. 6. График зависимости усилия продавливания тампонажного раствора от времени затвердевания (обозначения см. рис. 5)

При выдавливании материала из зазора на разной стадии схватывания (модель по рис. 3) установлено, что зависимость силы продавливания от времени затвердевания для цементного раствора носит возрастающий линейный характер (рис. 6). Сила продавливания силиконовых герметиков также возрастает с течением времени, причем после истечения 8 часов интенсивность роста силы увеличивается. При проведении эксперимента установлено, что с уменьшением высоты подъема тампонажного раствора сила продавливания снижается у всех типов тампонирующей смеси

К сожалению, из-за трудностей с организацией экспериментов, требующих длительных затрат времени, зависимость была прослежена только до 10 часов от начала опытов. На этом отрезке времени зависимость имела характер близкий к линейному.

Пересчет результатов экспериментов на реальные условия бурения диаметром 93 мм и тампонирующей трубы с применением коэффициентов подобия показал, что характер зависимостей сохранился при изменении силовых параметров в сторону увеличения.

В результате выполненных экспериментов можно сделать вывод, что применение для тампонирующей обсадных колонн синтетических герметиков более эффективно, чем цементных растворов. При этом предпочтение следует отдать силиконовым герметикам, которые обеспечивают более высокие показатели после 15 часов от начала схватывания. Это позволит сократить общее время ожидания конца схватывания, что снизит общие затраты средств и компенсирует более высокую стоимость герметика. Необходимо отметить, что требуемый расход герметика невелик и составляет для диаметра бурения 93 мм около 0,6 литра на один метр длины тампонирующей колонны.

Выполненные работы позволяют перейти к производственным испытаниям разработанного способа тампонирующей колонны.

Библиографический список

1. Юшков И. А., Палачев Э. В. Пути усовершенствования технологии крепления скважин потайными обсадными колоннами // Бурение скважин в осложненных условиях. – Донецк, 1996. – С. 106–108.
2. Разработка теоретических основ и технических предложений по усовершенствованию основных процессов сооружения скважин в Донбассе: Отчет по НИР / ДонНТУ, тема Н25-95, науч. рук. О. И. Калиниченко. – Донецк, 2000.
3. Алейников Е. А., Юшков А. С. Тампонирующая обсадных колонн в геологоразведочных скважинах // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні наукові дослідження-2006». Том 45. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – С. 47–49.

© Алейников Е. А., Юшков А. С., Юшков И. А., 2008.