

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ И СМАЗОК ДЛЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ НЕФТЯНОГО СОРТАМЕНТА

Петров Н.А., Янгиров Ф.Н

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
email: napetroff@inbox.ru*

Приведены факторы, влияющие на герметичность резьбовых соединений труб нефтяного сортамента. Описаны методы повторной герметизации резьб, в том числе способы и материалы для ликвидации водопритоков в скважину. Изложены результаты стендовых исследований различных составов. Наиболее эффективной композицией является: АЭФС + ОЖ-1 + Кероген-70. Порошковая добавка П-10Д к смазкам резьбовых соединений позволилакратно повысить уровень давления разгерметизации труб.

Ключевые слова: негерметичное резьбовое соединение, трубы нефтяного сортамента, стенд, ремонтно-изоляционные работы, смола, отвердитель, наполнитель, смазка, добавка

Число скважин с негерметичными обсадными колоннами и избыточным межколонным давлением в каждом цехе добычи Ноябрьского региона составляет несколько десятков. Практикой эксплуатации нефтяных скважин Западной Сибири подтверждается, что нарушение герметичности резьбовых соединений является основной причиной утечки воды, нефти и выделившегося из нефти растворенного газа в межколонное пространство [1].

По сведениям [2] возможные факторы, определяющие герметичность резьбовых соединений обсадных колонн (трубы по ГОСТ 632-30) подразделяются на три группы: конструктивные, технические и технологические.

Условия сборки и эксплуатации резьбовых соединений отнесены к группе технологических факторов. К последним также относится выбор герметизирующего состава, способ удержания труб и колонны при спуске, крутящий момент. Под условиями работы соединений следует понимать перепад и направление действия давления, свойства рабочего агента, температурные условия, схемы действия нагрузок и состояние затрубного пространства.

На герметичность обсадной колонны оказывает влияние конструкция скважины, интенсивность набора кривизны, интервал максимального набора кривизны, наличие цементного камня за колонной и ряд других факторов.

В результате действия тех или иных факторов в резьбовом соединении образуются каналы утечек, которые представляют собой щелевые зазоры сложной конфигурации в десятые и сотые доли миллиметра. Колонна считается герметичной, если расход жидкости через зазоры в резьбе не превышает 1 л/с при давлении 15 МПа, а также если за 30 мин давление при опрессовке обсадных колонн упадет не более чем на 0,5 МПа, [2]. Опрессовочное давление эксплуатационных скважин диаметром 0,146 не должно превышать 12,5 МПа, а для нагнетательных – 20 МПа [3].

Испытание на герметичность традиционно проводят на технической воде. В особых случаях оценку герметичности проводят по методу кривых восстановления уровня после компрессирования. Представляет интерес также технология поиска небольших утечек в обсадных колоннах с помощью шумомера.

В качестве комплексного обобщенного количественного параметра влияния всех факторов на негерметичность принимается расход технической воды, отнесенный к единице перепада давления ($\text{м}^3/\text{сут}/1 \text{ МПа}$).

Проблема повышения степени герметичности резьбовых соединений актуальна для месторождений Ноябрьского региона. Также весьма распространены перетоки отбираемой и закачиваемой воды по негерметичному цементному кольцу, по резьбовым соединениям. Это приводит к насыщению глинистых пород водой, а затем к разрывам, деформациям и смещениям эксплуатационных колонн преимущественно в пределах верхних секций.

Рассматриваемая проблема решается различными способами [1].

Наиболее перспективным материалом для изоляционных работ является гидрофобный тампонажный материал ГТМ-3, разработанный ВНИИБТ и Институтом сланцев Эстонии. Композиция представляет собой алкилрезорциновую эпоксифенольную смолу (АЭФС) 90-95 % с отвердителем полиэтиленполиамином (ПЭПА или ДЭПА).

При затвердении ГТМ-3 образуется прочная упругоэластичная пластмасса, не дающая усадки, вместе с тем обладающая хорошей адгезией к металлу и цементному камню. Недостатком смолы, как считают авторы работы [4], является сравнительная высокая динамическая вязкость (около 400 МПа·с), а смеси - необходимость точной дозировки отвердителя.

Можно предположить, что на сроки схватывания и вязкость может оказывать существенное влияние температура, наполнитель (цемент, кероген) и давление. При разработке технологии следует определить также и состав буферных жидкостей, жидкостей для смыва состава ГТМ-3 с оборудования и т.д.

Из проведенного анализа литературных источников установлено, что существуют следующие рациональные пути совершенствования изоляции негерметичных резьбовых соединений обсадных колонн:

- совершенствование конструкций резьбовых соединений и геолого-технических условий проводки скважин, а также спуска обсадных колонн;
- создание надежного экрана в затрубном пространстве на основе гидрогелей, водорастворимых смол с наполнителями и без добавок;
- создание надежного экрана в негерметичном резьбовом соединении и в затрубном пространстве на основе материалов со свойствами ГТМ-3 и с меньшей вязкостью;
- совершенствование собственно технологии, где в комплексе решаются вопросы выбора буферной жидкости, метода закрепления композиции для смыва остатков с поверхностей труб и т.д.

Проведенный обзор патентно-технической литературы [1] показал также, что, как правило, проводились только лабораторные и промышленные исследования. Результаты стендовых испытаний не обнаружены. Предлагаемые композиции смол с отвердителем заменяют используемые в настоящее время на промыслах тампонажные цементы и гели.

Работниками ВНИИКРнефть, ВНИИБТ совместно с УПНП и КРС ПО «Нижневартовскнефть» [5] разработан в 1983 г. руководящий документ (РД 39-1-844-82) по технологии повторной герметизации резьбовых соединений обсадных колонн, который является результатом научно-исследовательских и опытно-промышленных работ.

Этот документ имеет важное практическое значение для проведения подобных работ. Однако не со всеми его пунктами можно согласиться.

Так, например, приведенные в нем рекомендации по приготовлению и применению гелеобразных составов, исходя из нашего опыта, оставляют желать лучшего. При повышенной температуре происходит их деструкция, они обладают

низкой адгезией к породе и металлу. В документе отсутствуют рекомендации по повышению эффективности этих композиций, которые, тем не менее, имеют технологические преимущества перед другими операциями, например скользящей заливкой.

Также не дается четких рекомендаций по способу применения гидрофобного тампонажного материала ГТМ-3 (алкилрезорциновая эпоксифенольная смола с отвердителем полиэтиленполиамин), не даны альтернативные варианты замены отвердителя. Вызывает сомнение и рекомендуемая концентрация отвердителя для достижения оптимального времени начала загустевания и конца схватывания при определенной температуре. В качестве наполнителя, а в некотором роде и катализатора предлагается только цемент, плотность которого выше плотности ГТМ-3.

Из отверждающихся водорастворимых смол даются рекомендации по применению фенолформальдегидной смолы ТС-10, где в качестве отвердителя используют формальдегид, параформ или уротропин или их смесь. Однако не ясно как при применении эта композиция будет взаимодействовать с пластовой водой, с растворами кислот и щелочей.

Следовательно все эти вопросы необходимо прорабатывать при проведении лабораторных и промысловых работ.

Кроме того, за последние годы разработаны новые составы, которые можно применить для повторной герметизации резьбовых соединений обсадных труб, а также для ликвидации водопритоков в скважину. Так, например, для этих целей может быть использована смола ФР-101Г с отвердителем ОЖ-1.

В связи с этим, нами предлагаются усовершенствованные технологии с применением смолы ФР-101Г, а также с использованием как композиции ГТМ-3, так и сложных составов (ГТМ-3+ФР-101Г, продукт 119-204+ГТМ-3, ВУС+ ГТМ-3 и т.д.) для проведения промысловых экспериментов, которые изложены ниже.

На основании лабораторных и промысловых экспериментов по ликвидации водопритоков на Муравленковском, Вынгайхинском и Источном месторождениях можно предположить, что композиция из гипана с магнием способна обеспечить повторную герметизацию негерметичного резьбового соединения магниальным цементом.

При проведении стендовых испытаний на разработанной установке [1] продавливали через негерметичное резьбовое соединение в затрубное пространство с нарушенным цементным камнем раствор хлористого кальция плотностью 1120 кг/м^3 , а затем – разбавленный водой товарный гипан (в соотношении объёмов 1:2), в который было добавлено по весу 12 % гранулированного магния и 0,5 % бишофита (табл. 1, п.1). Продавку композиции осуществляли при давлении 11 МПа и после выхода гипана из резьбового соединения, негерметичное резьбовое соединение оставили под давлением.

Время реагирования гранулированного магния с водой составляло 1,5-2,0 ч, при этом частички магния с размера 0,3-2,0 мм уменьшились на порядок. Водный раствор бишофита ускоряет реакцию магния с водой и способствует более быстрому образованию магнезиального цемента. В затрубном пространстве по трещинам и вдоль контакта цементного камня с моделью резьбового соединения должен образовываться гель.

Из табл. 1 (п.1) видно, что в процессе (при $T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$) продавливания гипана с магнием давление упало за 30 мин на 10 % от первоначального. Можно было предположить, что процесс кольматации прошёл нормально и давление следовало бы сбросить. Следует учесть тот факт, что давление поддерживалось за счёт выделения водорода при реакции магния с водой. После 16 ч реагирования (ОЗЦ) из внутренней полости убрали гипан с магнием и залили 20 %-й раствор хлористого кальция.

При опрессовке выяснилось, что при давлении 6 МПа начались пропуски, и оно уменьшилось за 30 мин на 82 % от первоначального (табл. 1, п.2). На основании этого опыта были сделаны следующие выводы:

— время реакции воды с магнием явно недостаточно, особенно при соотношении гипана и воды равным 2:1, так как гипан обволакивает гранулы магния и реакция прекращается;

— время образования магнезиального цемента - 16 ч также недостаточно (по данным литературных источников необходимо 48-72 ч [6]);

— образовавшийся гель (гипан + электролит) в стендовых условиях не удерживает давление, так как в резьбовом соединении качество магнезиального цемента низкое.

Таблица 1

Результаты продавки различных композиций через модельное негерметичное резьбовое соединение

№ п.	Давление, Р, МПа						Снижение давления за 30 мин, %	Флюид в муфтовом соединении	Примечание	
	на воде	начальное	через, мин							
			1	5	10	20				30
1	11,0	11,0	10,5	9,8	9,4	10,1	9,9	10	Гипан+вода (2:1) +12 % гран. Mg+0,5 % бишофита	16 ч реагирования
2	—	6,0	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	82	20 %-й р-р CaCl ₂	Опрессовка композ. №1
3	12,0	11,0	8,0	7,0	6,7	6,5	6,4	42	Гипан+вода (1:1) +12 % гран. Mg+0,5 % бишофита	72 часа - реагирование
4	—	5,5	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	76	20 %-й р-р CaCl ₂	Опрессовка композ. №3
5	10,0	15,0	14,6	1,5	11,0	10,6	10,1	33	Гипан+вода (1:1) +12 % гран. Mg+0,5 % бишофита	
6	—	7,5	4,0	3,6	2,9	2,2	1,8	76	вода	Опрессовка композ. №5
7	11,0	15,0	14,6	13,5	13,2	13,0	12,9	14	Гипан+вода (1:1) +12 % гран. Mg+0,5 % бишофита	
8	—	11,0	10,4	9,9	9,5	9,2	9,0	18	вода	Опрессовка композ. №7
9	10,0	10,0	6,2	3,4	1,9	1,4	1,2	88	15 %-й водный р-р горчицы	T=80 °C
10	—	6,0	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	95	вода	Опрессовка результата №9
11	10,0	15,0	6,5	1,2	1,1	1,0	0,9	94	15 %-й водный р-р горчицы	
12	—	9,0	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4	96	вода	Опрессовка результата №11
13	9,0	15,0	5,2	1,0	0,8	0,0	0,6	96	12 %-й водный р-р горчицы	
14	—	5,0	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	86	вода	Опрессовка результата №13

В следующем опыте (табл. 1, п.3) время реагирования магнезия с водой увеличили до 5 ч, а соотношение гипса и воды взяли 1:1, при тех же 12 % гранулированного магнезия и 0,5 % бишофита. После продавки композиции в затрубное пространство композиция при температуре 80 °С была оставлена на реагирование в течение 72 ч.

При опрессовке резьбового соединения 20 %-м раствором хлористого кальция резьбовое соединение начало пропускать при давлении 5,5 МПа. Давление за 30 мин упало на 76 % от первоначального. Следовательно, не следует ожидать от этой композиции, что она будет выдерживать большие перепады давления.

При опрессовке этой же композиции (опыт №5) водой (опыт №6) результат повторился примерно такой же, как и в опыте №3.

С целью уменьшения темпа падения давления в 7 опыте негерметичное резьбовое соединение закрутили на последнюю риску и снова закачали гипс+магний+бишофит, как и в предыдущем опыте.

После 72 ч реагирования произвели опрессовку водой (опыт №8). Пропуски начались при давлении 11 МПа, причем темп падения за 30 мин составил всего 18 % от первоначального. Отсюда можно сделать следующие выводы:

- гипс в сочетании с гранулированным магнезием бишофитом может повторно создать герметичное резьбовое соединение;
- оптимальное соотношение гипса (товарного жидкого) с водой 1:1;
- степень дисперсности и перепад давления опрессовки зависит от времени реакции магнезия с водой;

— по сравнению с цементным камнем при ремонтно-изоляционных работах (РИР) эта композиция более эластична, что важно при последующем выполнении кумулятивной перфорации после изоляции перетоков воды в затрубном пространстве, а при РИР негерметичных резьбовых соединений, вероятно, потребуются закрепление состава обыкновенным цементом или ГТМ-3.

Водный раствор горчицы был использован в опытах №9, 11, 13 (таблица 1) при различных степенях негерметичности ($T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Как видно из опытов при опрессовке (5-9 МПа) начинаются пропуски, причем темп падения значительный – составляет 86 - 95 % за 30 мин. Поэтому этот материал не следует применять без его закрепления другими композициями, обладающими высокой адгезией к ме-

таллу. Неизвестно изменение его свойств со временем, под воздействием агрессивных пластовых вод, кислот и щелочей. Однако, как временный вариант, горчицу не следует отбрасывать из рассмотрения.

Композиция из фенолорезорциноформальдегидной смолы и жидкого отвердителя состояла из 70 % ФР-101Т и 30 % ОЖ-1. Композицию прокачали дизельным топливом через резьбовое соединение в объеме 50-150 мл при удельной приемистости 6,7 мл/с·1 МПа. Повышения давления в процессе прокачки не наблюдалось.

С целью контроля процесса загустевания и схватывания параллельно с негерметичным резьбовым соединением в термостат помещали пробирки с таким же соотношением проб композиции. Процесс загустевания проходил при температуре +80 °С.

Через 80 мин в пробирке начался процесс загустевания композиции и поэтому (исходя из аналогии с технологией без оставления моста из композиции в колонне) она была слита, и процесс термостатирования продолжался еще 6 ч до ее схватывания в резьбовом соединении.

Поскольку данная композиция прошла через резьбовое соединение языкообразно, то при опрессовке на воде наблюдались пропуски. Давление за 30 мин понизилось на 63 %.

Во второй серии опытов в композицию ФР-101Т + 3 % ОЖ-1 добавили 20 % керогена-70. После прокачки 100 мл композиции давление поднялось до 15 МПа и пропускная способность снизилась от 7 мл/с/МПа до нуля. Соответственно произвели термостатирование при плюс 80 °С как резьбового соединения, так и композиции в пробирке. При начале загустевания композицию удалили из резьбового соединения и термостатирование продолжили при той же температуре еще в течение 7 ч. При опрессовке за 30 мин потеря давления от первоначальной составила 25,6 %.

В том случае, если композиция (ФР-101Т + ОЖ-1 + кероген-70) при начале загустевания не убирается, то есть по подобию с оставлением в скважине моста, который затем схватывается, то в этих условиях после его механического разрушения при опрессовке не происходит потери давления.

Опыты с нарушенным цементным камнем, глинистой коркой, латунной сеткой и песком с пластовой водой показали, что композиция без керогена-70 хорошо проникает в трещины, вплоть до глинистой корки, где образует высоковязкую массу. Даже при малой проницаемости (меньше 7,0 мл/с/МПа) применение только смолы ФР-101Т с ОЖ-1 без наполнителя оказывается явно недостаточным. Поэтому при проведении работ этот факт следует учитывать.

Кроме того, как было отмечено, эта композиция (ФР-101Т + ОЖ-1) обладает плохой адгезией к металлу и, особенно, при наличии смазки в резьбовом соединении. На воздухе после отверждения она растрескивается, легко отделяется и даёт усадку. Присутствие керогена-70 в композиции несколько изменяет перечисленные свойства в позитивном направлении.

Положительным экономическим фактором данной композиции является близость к промыслам завода-поставщика смолы и отвердителя (г. Тюмень).

При опрессовке водой негерметичного резьбового соединения (НГРС) приёмистость составила 10 мл/с/МПа. Состав алкилрезорциновой эпоксифенольной смолы с жидким отвердителем (ГТМ-3 + ОЖ-1) в соотношении 2:1 к цементу в количестве 100 мл прокачали при приёмистости 0,375-0,330 мл/с/МПа. Произвели термостатирование при +80 °С как НГРС, так и пробирки с данной композицией.

Через 4,5 ч проба загустела (произошло прекращение приёмистости), но масса не отвердела. Цемент осел на дно пробирки. Через 12,5 ч композиция отвердела полностью. Проба не дала усадки материала, обладает хорошей адгезией к металлу.

Были проведены опыты этой композиции с керогеном-70 и при других концентрациях ОЖ-1, при разных температурах, которые по сути повторили лабораторные данные.

Установлено, что при добавлении керогена-70 он практически не осаждается. При повышении температуры вязкость ГТМ-3 снижается и при 40-50 °С она по своим свойствам близка к ФР-101Т, легко прокачивается, в том числе с наполнителями. При наличии даже небольшой плёнки смазки происходит её обезжиривание, и ГТМ-3 создаёт неплохую адгезию.

Следует заметить, что после применения ГТМ-3, неразъёмное негерметичное соединение не разворачивается, разъёмное отделяется, но с большим усилием.

Таким образом, проведённые исследования показали, что наиболее оптимальной композицией является смола ГТМ-3 с отвердителем и керогеном. Отмечено, что для улучшения реологических свойств необходимо перед использованием производить её нагрев паром до температуры плюс 40-50 °С, а количество керогена-70 регулировать в зависимости от приёмистости скважины.

При проведении промысловых испытаний возможна комплексная закачка в интервал негерметичности вначале геля, затем кремнеорганического соединения (продукта 119-204), далее ВУС, потом смолы ФР-101Т с отвердителем ОЖ-1 с последующим закреплением их смолой ГТМ-3 с наполнителем кероген-70. В этом случае, обеспечивается герметизация, как затрубного пространства, так и негерметичного резьбового соединения одновременно.

Как указывалось выше, важным моментом для обеспечения качественного крепления скважины, долговечности и безопасности эксплуатации нефтяных и особенно газовых скважин является обеспечение герметичности и прочности резьбовых соединений труб нефтяного сортамента.

Одним из путей по предупреждению этих проблем можно отнести применение различных герметизирующих материалов, так как конструктивные и технологические зазоры в резьбе приводят к тому, что контакт трубы с муфтой в резьбовом соединении, оказывается по сути проницаемым, то есть соединение негерметично.

Кроме заполнения зазоров, другое назначение этих материалов – это предупреждение заедания трущихся поверхностей при свинчивании.

С целью повышения качества отечественных марок смазок типа ГС-1 и Р-416 провели также исследования на стенде с добавками к ним порошкообразного состава П-10Д.

Порошковая добавка выпускается НПП “Нефтехиммаш” (г. Казань) и представляет собой мелкозернистый полимерный порошок с размерами частиц 0,1-1,0 мм. Эту добавку добавляют в смазку в пропорции 1:6-1:9.

К вышеназванным смазкам добавка П-10Д предназначена для повышения уплотняющей способности резьбовых соединений НКТ по ГОСТ 633-80, работающих в среде нефти, газа, воды при перепаде давления до 35 МПа, температурах до 90 °С.

Перед нанесением уплотняющей смеси резьба должна быть очищена от грязи металлической щёткой. Очистка резьб от остатков ранее использованной смазки не требуется. Наносится уплотняющая смесь на поверхность резьб тонким слоем при помощи шпателя и пр.

Для базы сравнения порошок П-10Д добавили в солидол. Опыты, позволяющие моделировать геометрическое подобие модели и природы, приближенно гидродинамическое позволяют достоверно делать заключение о свойствах применяемых композиций для уплотнения. Поэтому, резьбовое соединение было выполнено в виде элемента насосно-компрессорной гладкой трубы (ГОСТ 633-80) диаметром 0,0603 м, которое термостатировалось при температуре 53-62 °С в течении 10-25 сут. Динамические (знакопеременные) нагрузки на резьбовое соединение моделировали путём создания и сбрасывания давления, ударами молотком по соединению.

Из-за отсутствия моментомера крутящий момент для свинчивания такой резьбы в соответствии с РД 39-2863-83 в 0,8-1,1 кН·м не удавалось проконтролировать. Поэтому, для создания однообразия резьбовое соединение затягивалось исполнителями одним и тем же способом.

Содержание добавок в общем объёме испытываемых смазок составляло от 8,2 до 14 %. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Герметичность резьбовых соединений при различных смазках с добавкой П-10Д

Состав смазок для резьбовых соединений	Давление (МПа) разгерметизации резьбового соединения при температуре, °С	
	22	75
1. Солидол	1,5	0,3
2. Солидол + 10 % П-10 Д (9:1)	2,0	0,5
3. Солидол + 14 % П-10 Д (6:1)	2,4	0,7
<u>Смазка на жировой основе Р-416</u>		
4. Р-416	6,4	1,5
5. Р-416 + 9 % П-10 Д (10:1)	23,0	13,5
6. Р-416 + 10 % П-10 Д (9:1)	26,0	14,5
7. Р-416 + 14 % П-10 Д (6:1)	13,5	6,0
<u>Смазка на синтетической основе ГС-1</u>		
8. ГС-1	6,2	3,8
9. ГС-1 + 7,2 % П-10 Д (12:1)	9,5	4,7
10. ГС-1 + 10,0 % П-10 Д (9:1)	18,5	9,0
11. ГС-1 + 12,5 % П-10 Д (7:1)	19,5	11,5

Из табл. 2 следует, что добавка П-10Д к смазкам марки солидол ГС-1, Р-416 увеличивала предельное давление, выдерживаемое резьбовым соединением, принятым в эксперименте. Несмотря на разброс замеренных давлений, при которых происходят пропуски в резьбовых соединениях, можно в первом приближении утверждать, что использование добавок П-10Д повышает герметичность в несколько раз. Причём, для каждой смазки существует своя оптимальная концентрация добавки. Так для смазки Р-416 и 10 % П-10Д в соотношении 9:1 герметичность при 75 °С повысилась почти на порядок.

Необходимо отметить, что не происходило изменение свойств смазок при температуре 53-62 °С в течении 10 и 25 суток, что свидетельствует об их стабильности.

Как видим, использование порошкообразной добавки П-10Д в уплотняющих смазках является перспективной разработкой.

Таким образом, комплексными лабораторными и стендовыми исследованиями выявлены преимущества и недостатки различных материалов. Установлено, что наиболее эффективной композицией для проведения повторной герметизации резьбовых соединений является смола АЭФС с отвердителем ОЖ-1 и наполнителем Керген-70, добавляемым в зависимости от удельной приемистости. Стендовыми испытаниями также установлено, что порошковая добавка П-10Д к смазкам кратно повышает уровень давления, при котором происходит разгерметизация резьбового соединения труб нефтяного сортамента, что особенно важно при проведении соляно-кислотных обработок продуктивных пластов, гидравлическом разрыве пластов и гидравлической перфорации обсадных колонн.

Литература

1. Петров Н.А., Кореняко А.В., Янгиров Ф.Н. и др. Повторная герметизация резьбовых соединений обсадных колонн нефтяных скважин / Под общей ред. проф. Г.В. Конесева. Уфа: Монография, 2005. 88 с.
2. Комнатный Ю.Д. Классификация факторов, определяющих герметичность резьбовых соединений обсадных колонн // Техника и технология промывки скважин: сб.тр./ВНИИКРнефть, 1982. С.122-125.
3. Инструкция по расчету обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин: сб.тр./ВНИИТнефть. Куйбышев, 1976. 155 с.
4. Киселев А.И. Способы и материалы для герметизации и восстановления герметичности соединительных узлов обсадных колонн. М.:ВНИИОЭНГ, 1988. 44с.
5. РД39-1-844-82. Технология повторной герметизации резьбовых соединений обсадных колонн. Краснодар: ВНИИКРнефть, 1983. 40 с.
6. Ибрагимов Г.З. Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти / Ибрагимов Г.З., Фазлутдинов К.С., Хисамутдинов Н.И.: справочник. М.:Недра,1991. 384с.