

УДК 678:620.169.1

Сулейманов Альфред Мидхатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: sulejmanov@kgasu.ru

Смирнов Денис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Лобанова Ангелина Сергеевна

лаборант

E-mail: lobangelina@icloud.com

АО «КВАРТ»

Адрес организации: 420054, Россия, г. Казань, ул. Техническая, д. 25

Метод оценки долговечности набухающей резины для пакеров

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявление разработки методики, а также проведение на ее основе сравнительных испытаний и оценки долговечности эластомера зарубежного и российского, используемого для производства пакеров.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в установлении режима ускоренных испытаний водонабухающих пакеров для определения изменения их свойств при старении в термовлажностном и напряженно-деформированном состоянии. Факторами старения водонабухающих пакеров в настоящей методике являются: температура, вода и механическое напряжение. Ускоренные испытания проводились в два этапа. Первый этап включает ускоренные испытания образцов в воздушносухих условиях. Второй этап включает стендовые испытания в водонасыщенном состоянии.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что упруго-эластичные свойства эластомера влияют на способность пакера сдерживать гидростатическое давление межпластовой воды. Кроме того, твердость, упругость и величина остаточной деформации эластомера способствуют его сохранности в случае механических воздействий, которые могут возникнуть при его монтаже, доставке и хранении. Водонабухающие пакеры с эластомером производства «Кварт» обладают более высокими показателями твердости, упругости и степенью набухания по сравнению с аналогом, в меньшей степени подвержены деструктивным процессам при термическом старении и лучше сохраняют свои свойства, соответственно имеют большую долговечность.

Ключевые слова: водонабухающие пакеры (ВНП), эластомер, гидростатическое давление, термическое старение, долговечность.

Введение

Водонабухающие пакеры предназначены для надёжной и необратимой изоляции пластов при строительстве и эксплуатации скважин. Эластомер, используемый для изготовления пакера, может иметь более широкое применение и использоваться, например, в гидротехническом строительстве, для гидроизоляции швов на объектах промышленного, гражданского и транспортного строительства.

При контакте водонабухающих пакеров со скважинными флюидами эластомер разбухает за счет поглощения жидкости и герметизирует затрубное пространство в открытой или обсаженной скважине, как при строительстве, так и при капитальном ремонте скважин.

Данные пакеры не имеют движущихся частей, для их установки в затрубном пространстве не требуется специальное оборудование, и поэтому вероятность отказа такого оборудования исключается. Применение водонабухающих пакеров для разобщения пластов в скважине служит безопасной и упрощенной альтернативой цементированию и перфорации [1-3].

В настоящее время, как за рубежом, так и в России, для селективного разобщения пластов при закачивании скважин широко применяются набухающие пакеры, в которых уплотнительный элемент выполнен из эластомера, способного увеличиваться в объеме при контакте с определенными пластовыми жидкостями (водой или нефтью) [4]. В основном, применяются набухающие пакеры импортного производства.

Недостатком импортных водонефтенабухающих пакеров являются высокие цены, длительные сроки выполнения заказа и поставки [5, 6]. Водонабухающий резино-полимерный состав, разработанный специалистами ПАО «Татнефть» и АО «КВАРТ», способен набухать в условиях высокой минерализации пластовой воды. На основе разработанной резино-полимерной смеси в АО «КВАРТ» изготовлен водонабухающий пакер для селективного закачивания горизонтальной скважины.

Для первого этапа испытаний показателями старения выбраны следующие характеристики эластомера: масса, твердость, величина остаточной деформации, величина кратковременного статического сжатия, статический модуль упругости при сжатии и наиболее значимый для пакера контролируемый показатель – степень набухания.

Для второго этапа испытаний показателем старения стало напряжение, возникающее в процессе выдавливания набухшего в воде пакера из трубы, имитирующей ствол скважины соответствующего диаметра.

Сравнительные ускоренные испытания эластомера (Этап I)

Термостатирование образцов эластомера проводили в соответствии с ГОСТ 9.024 «Резины. Метод испытания на стойкость к термическому старению». Старение конкретной резины, в зависимости от типа полимера, на основе которого она изготовлена, проводят при одном или нескольких значениях температуры, указанных в стандартах на резину или резиновое изделие. Для испытуемых видов резины приняты следующие значения температур – 20, 75, 100, 125°C. Выбор температур связан не только с типом полимера, но и с видом используемого набухающего компонента в их составе. После старения эластомера при заданных температурах в течение 12, 24, 72, 168, 336, 504, 672 и 840 часов, образцы 24 часа кондиционировались при комнатной температуре, а затем определялись их масса, твердость и деформационные характеристики. Результаты испытаний приведены в табл. 1-2.

Таблица 1

Результаты изменения массы образцов «Кварт»

Температура термостатирования	Период термостатирования, сут								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	0	0,15	0,27	0,35657	0,3670	0,3950	0,4859	0,5558	0,5558
75	0	0,7892	1,01673	1,49023	1,9674	2,2426	2,4702	2,5179	2,7382
100	0	1,9051	2,38136	3,13718	3,6824	4,0207	4,2036	4,3140	4,3244
125	0	3,3062	3,80106	4,32819	4,6509	4,6796	4,6867	4,7082	4,7119

Таблица 2

Результаты изменения массы образцов зарубежного аналога

Температура термостатирования	Период термостатирования, сут								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	0	0,35	0,45	0,59358	0,66152	0,93685	1,32304	1,36237	1,416
75	0	2,1001	2,66754	3,70203	4,56008	5,02024	5,39044	5,64301	5,7087
100	0	4,2197	5,44797	6,58404	7,16683	7,52831	7,77913	8,3988	8,4873
125	0	6,1999	7,20626	8,08683	8,68705	9,31603	9,60716	9,60716	9,6072

Сравнительная оценка изменения массы образцов при термостатировании

Образцы термостатированные при 20°C выдерживали при относительной влажности воздуха 40 %.

Термостатирование образцов при 125°C показало, что эластомер, изготовленный на ЗАО «Кварт», значительно меньше теряет массу (4,71 %) по сравнению с эластомером зарубежного производства (9,61 %), что косвенно указывает на меньшие структурные изменения, протекающие в процессе старения и, как следствие, в большей степени способствует сохранению свойств эластомера.

Наиболее интенсивное снижение массы наблюдается в первые часы термостатирования, особенно при повышенных температурах. Так образцы эластомера производства «Кварт» через 12 часов выдержки при 75°C потеряли 0,79 % массы, при 100°C – 1,91 %, а при 125°C – 3,31 %, что составляет 29 %, 44 % и 70 % от общей потери массы в возрасте 840 часов при температурах 75°C, 100°C и 125°C соответственно. Эти же показатели в возрасте 12 часов для образцов эластомера импортного аналога составили 2,1 %, 4,2 % и 6,2 % что составляет 37 %, 49 % и 64 % от общей потери массы в возрасте 840 часов при температурах 75°C, 100°C и 125°C соответственно. В дальнейшем интенсивность снижения массы для обоих типов эластомера замедляется.

Существенное замедление потери массы для образцов «Кварт» наблюдается после 168 часов (7 суток) термостатирования при температуре 125°C и 504 часов (21 суток) термостатирования при температуре 100°C. Для образцов зарубежного производства замедление потери массы наблюдается после 504 часов (21 суток) термостатирования при температуре 125°C и 672 часов (28 суток) термостатирования при температуре 100°C.

Сравнительная оценка изменения твердости образцов при термостатировании

Твердость определяли на приборе ТШМ-2 по глубине погружения шарика диаметром 5 мм в течение 30 секунд под нагрузкой и затем рассчитывали по формуле (1):

$$T_{III} = \frac{P}{\pi dH}, \quad (1)$$

где P – груз 1 кгс, d – диаметр шарика 0,5 см, H – глубина погружения шарика.

Упруго-эластичные свойства эластомера влияют на способность пакера сдерживать гидростатическое давление межпластовой воды. Кроме того, твердость, упругость, величина остаточной деформации эластомера способствуют его сохранности в случае механических воздействий, которые могут возникнуть при его монтаже, доставке или хранении [7].

Твердость эластомеров отечественного и зарубежного производства существенно отличаются. Согласно полученным результатам твердость эластомера «Кварт» (264) почти в 1,5 раза выше твердости эластомера зарубежного производства (182). При термостатировании твердость эластомеров возрастает по мере увеличения температуры и сроков выдержки. Так, после 840 часов термостатирования при температуре 125°C твердость образцов «Кварт» возросла в среднем на 370 % (1238), а образцов зарубежного аналога на 380 % (872). Результаты испытаний приведены в табл. 3-4.

Таблица 3

Результаты изменения твердости образцов резины «Кварт»

Температура термостатирования	Период термостатирования, сут.								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	263,26	263,26	263,26	269,21	285,89	299,57	313,95	326,20	327,09
75	263,26	286,07	287,13	326,20	320,00	313,42	343,95	375,54	385,98
100	263,26	361,53	362,70	404,94	415,05	447,67	470,12	503,57	568,65
125	263,26	320,62	363,74	443,36	502,64	963,84	1152,56	1238,50	1203,11

Таблица 4

Результаты изменения твердости образцов резины зарубежного аналога

Температура термостатирования	Период термостатирования, сут.								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	182,66	182,66	182,65	200,22	191,80	193,13	199,17	202,01	201,71
75	182,66	192,49	191,67	220,91	205,60	207,89	208,01	222,05	228,26
100	182,66	262,03	246,77	281,59	266,35	261,03	283,86	310,21	335,15
125	182,66	279,27	274,49	289,91	302,92	359,44	517,17	893,07	872

Следует отметить, что интенсивное увеличение твердости в процессе термостатирования при температуре 125°C у образцов «Кварт» наблюдается после 168 часов (7 суток), а у образцов зарубежного аналога после 336 часов (14 суток). До этого твердость образцов «Кварт» увеличилась лишь на 90 %, а образцов зарубежного аналога – на 97 %. Заметное увеличение твердости образцов в процессе термостатирования при этой температуре совпадает с моментом стабилизации их массы. Потеря массы образцов эластомера, производства «Кварт» происходит после 168 часов (7 суток) термостатирования, одновременно с этим резко увеличивается и их твердость. Для импортных образцов увеличение твердости и стабилизация показателей изменения массы соответствует периоду термостатирования от 336 до 504 часов (от 14 до 21 суток).

Сравнительная оценка изменения остаточной деформации образцов при термостатировании

Остаточную деформацию образцов определяли путем сжатия их в струбцинах, последующего термостатирования в деформированном (сжатом) состоянии и дальнейшей релаксации образцов при комнатной температуре в течение 30 минут. Расчет остаточной деформации проводили по формуле (2):

$$\varepsilon_{ост} = \frac{H_0 - H_2}{H_0 - H_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где H_0 – высота образца до испытаний, H_1 – высота образца после отдыха, H_2 – высота образца в сжатом состоянии.

Следует отметить, что чем выше величина остаточной деформации, тем в меньшей степени проявляются упруго-эластичные свойства эластомера [8, 9], т.е. он перестает восстанавливать свою первоначальную форму и размеры (табл. 5-6).

Таблица 5

Изменение величины остаточной деформации образцов резины «Кварт»

температура термостатирования	Период термостатирования, сут.								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	0,00	40,00	45,00	49,01	50,81	59,98	64,96	65,41	65,86
75	0,00	74,63	76,28	83,88	85,79	85,98	87,53	88,72	88,72
100	0,00	82,54	86,43	90,22	91,51	91,91	92,91	93,01	93,01
125	0,00	90,53	93,36	94,06	95,86	97,05	97,23	97,32	97,32

Таблица 6

Изменение величины остаточной деформации образцов резины зарубежного аналога

температура термостатирования	Период термостатирования, сут.								
	0	0,5	1	3	7	14	21	28	35
20	0,00	35,00	40,00	44,36	46,47	53,54	56,89	56,89	57,71
75	0,00	40,15	67,46	78,61	83,57	88,02	89,98	91,18	92,35
100	0,00	72,33	82,13	92,86	95,32	95,20	95,08	95,82	96,16
125	0,00	86,87	92,87	95,13	95,36	96,25	96,48	97,05	97,74

Величина остаточной деформации эластомера не значимый для данного вида изделий показатель, т.к. в реальных условиях его эксплуатации внешние воздействия подобного рода себя не проявляют. Однако возможны внештатные ситуации, когда на ВВП оказывается длительное по продолжительности механическое воздействие (например, в процессе хранения), в результате чего он деформируется. В этом случае после снятия нагрузки он должен принять исходную форму и размеры.

Определение степени набухания после термостатирования

Для оценки способности эластомера к набуханию после старения термостатированные образцы погружали на 2 недели в воду, после чего определяли степень набухания по отношению к первоначальному объему. Для ВВП данный показатель является наиболее значимым, т.к. гарантирует способность эффективно изолировать пласти в течение длительного периода его эксплуатации. Результаты приведены в табл. 7-8.

Таблица 7

Изменение набухания образцов «Кварт»

температура термостатирования	Период термостатирования, сут						
	0	3	7	14	21	28	35
20	1011,6						
75	1011,6	929,4	832,8	780,3	744,6	724,5	711,7
100		766,7	700	623,7	584,9	477,33	455,1
125		651,5	471,4	428,2	406,8	390,1	376,1

Таблица 8

Изменение набухания образцов зарубежного аналога

температура термостатирования	Период термостатирования, сут						
	0	3	7	14	21	28	35
20	767,6						
75	767,6	698,6	677,3	663,9	624,6	552,2	539,7
100		698,6	614,3	392,8	372,8	310,2	174,3
125		567,1	409,7	281,4	258,5	256	71,4

Как видно из результатов испытаний до термостатирования образцы эластомера, вырезанные из пакера «Кварт», после набухания имеют в 1,3 раза больший объем (1011,6 %), чем образцы импортного производства (767,6 %). Следует отметить более интенсивное снижение степени набухания образцов импортного эластомера после термостатирования по сравнению с образцами «Кварт». Так, при температурах 75°C, 100°C и 125°C степень набухания у образцов «Кварт» снизилась на 30, 55 и 63 % соответственно, тогда как эти же показатели у образцов зарубежного аналога составили уже 30, 77 и 91 %. Более того изменение величины набухания у образцов «Кварт» после термостатирования при температуре 75°C стабилизируется после 21 суток, при 100°C после 28 суток и при 125°C после 14 суток. У импортных образцов стабилизация степени набухания наблюдается только после термостатирования при 75°C в возрасте 28 суток, а при более высоких температурах по мере увеличения периода термостатирования способность эластомера к набуханию заметно снижается.

Сравнительная оценка изменения величины кратковременного статического сжатия образцов при термостатировании: испытание на сжатие проводили до заданной деформации на разрывной машине с использованием реверса. Величина деформации принята равной 33 %. Относительную деформацию сжатия ε , вызываемую сжимающей нагрузкой P , вычисляли по формуле (3), а величину условного напряжения при заданной деформации – по формуле (4):

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{P}{S_0}, \quad (4)$$

где H_0 – высота образца до испытания, H_1 – высота образца после испытания, P – нагрузка сжатия, кгс, S_0 – первоначальная площадь поперечного сечения образца.

Для исключения существенного влияния повторных деформаций вводилась предварительная «тренировка»: сжатие одного образца производили три раза, принимая во внимание только третий результат.

Способность пакера сдерживать гидростатическое давление воды во многом зависит от упругих свойств эластомера, поэтому при испытании на сжатие более значимым является не напряжение деформирования, а показатель статического модуля упругости при сжатии, определяемый по формуле (5):

$$Ec = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (5)$$

С одной стороны высокие значения упругости эластомера могут сдерживать процесс его набухания, но с другой – необходимы для сдерживания гидростатического давления межпластовых вод, а также для сохранения от механических воздействий в процессе хранения, транспортировки или монтажа (табл. 9-10).

Таблица 9

Результаты изменения Ec образцов «Кварт»

температура термостатирования	Период термостатирования, сут						
	0	3	7	14	21	28	35
20	3,03						
75	3,03	3,292	3,3747	3,0987	3,107	3,42131	3,3559
100		3,947	4,0879	4,4785	5,217	5,54855	5,7189
125		5,586	5,5557	12,707	13,57	12,8623	15,442

Таблица 10

Результаты изменения Ec образцов зарубежного аналога

температура термостатирования	Период термостатирования, сут						
	0	3	7	14	21	28	35
20	1,324						
75	1,324	1,464	1,2193	1,3992	1,471	1,7069	1,7995
100		1,907	1,6919	2,4737	2,896	3,40538	3,9367
125		2,538	3,31	4,3639	4,509	4,71368	5,3913

Как видно из результатов испытаний, пределы деформирования образцов, при определении величины кратковременного статического сжатия, изменялись в пределах от 31 % до 34,5 %, т.е. наибольшая погрешность степени сжатия составила 6 %. При этом нагрузка, необходимая для деформирования импортных образцов до заданной степени сжатия, не превышала 140 кг, тогда как образцы «Кварт», термостатированные при температуре 125°C более 7 суток (168 часов), в процессе сжатия разрушались при нагрузках от 170 до 180 кг/см², деформируясь при этом на 15-17 %. Поэтому последние результаты испытаний не следует учитывать в сравнительном анализе двух видов эластомеров.

Из результатов испытаний видно, что статический модуль при сжатии, у образцов «Кварт» в среднем в 1,5-2 раза выше, чем у образцов зарубежного производства. Термостатирование при температурах 75°C и 100°C приводит к его увеличению, при этом интенсивность роста у образцов «Кварт» и аналога носит синхронный линейный характер. Наблюдается заметное увеличение статического модуля при сжатии у образцов «Кварт» после 7 суток термостатирования при температуре 125°C. Однако учитывать его при обработке результатов нельзя, поскольку величина деформаций не соответствовала требованиям условий испытаний. Характерно, что данный «скачок» у образцов «Кварт» соответствует увеличению их твердости и стабилизации массы в процессе термостатирования при температуре 125°C.

Сравнительные ускоренные испытания образцов ВНП (Этап II)

Образцы для испытаний вырезались из исследуемых ВНП вместе с трубой в виде колец высотой 10 см. Испытания образцов производили в специальных устройствах (боксах), имитирующих работу ВНП в скважине.

Бокс представляет собой полый стальной цилиндр, имитирующий ствол скважины, высотой 15 см с внутренним диаметром 20 см. Цилиндр имеет внешнюю резьбу сверху и снизу. Снизу на цилиндр навинчивалось дно, внутрь его помещался образец ВНП, после чего сверху навинчивалась крышка, в которой имелось отверстие для доступа воды внутрь устройства.

Всего было подготовлено шесть образцов. Три образца вырезаны из ВНП зарубежного производства и три образца из ВНП производства «Кварт»

Для обеспечения стабильных режимов термостатирования образцов в воде при температурах 20°C, 65°C и 95°C использовались терморегуляторы с ртутным контактным датчиком типа ТРК, собранные в цепь с усилительным устройством УКТ-4 и нагревательным элементом по схеме, приведенной на рис. 1.

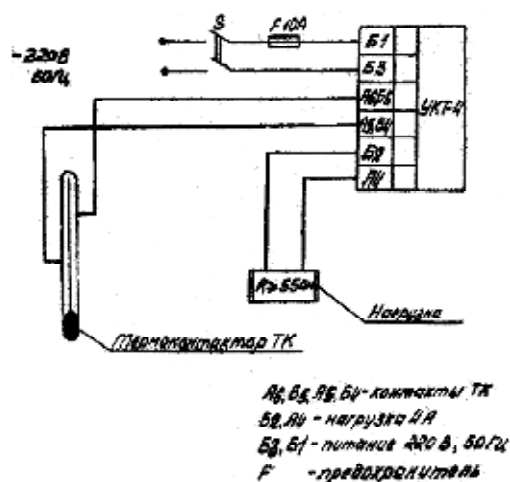


Рис. 1. Схема включения терморегулятора (инструкция по эксплуатации)

Величину напряжения, возникающую при выдавливании образцов ВНП из цилиндра, производили на универсальной электромеханической испытательной машине типа ИР-5082 с максимальной нагрузкой в 500 кг.

Наиболее вероятным местом протечки пластовой воды является участок, где эластомер контактирует со стенкой скважины. Поэтому обеспечение высоких напряжений, возникающих при набухании эластомера в воде, является необходимым условием его работы в скважине.

Вертикальная нагрузка P , приложенная к ВНП, имитирует давление пластовой воды. При этом на боковой поверхности эластомера возникают противоположные по направлению напряжения $\tau_{ВНП}$, величину которых можно определить по формуле (6):

$$\tau_{внп} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot H} \quad (6)$$

Следует предположить, что чем выше значения указанных напряжений, тем большее давление пластовой воды удерживает ВНП. Известны аналогичные способы испытаний пакеров, но имеющие более сложную конструкцию испытательного стенда [10]. Работами, проведенными ранее, было установлено, что зависимость между максимальным давлением пластовой воды, удерживаемой ВНП, и его длиной не носит линейного характера (Смирнов Д.С. Разработка методики оценки свойств и долговечности набухающей резины // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4 (34). С. 287-292). Поэтому проводимые исследования не могут быть использованы для расчета максимальных давлений для испытуемых ВНП. Как видно из рис. 2, набухание эластомера происходит в замкнутом объеме.

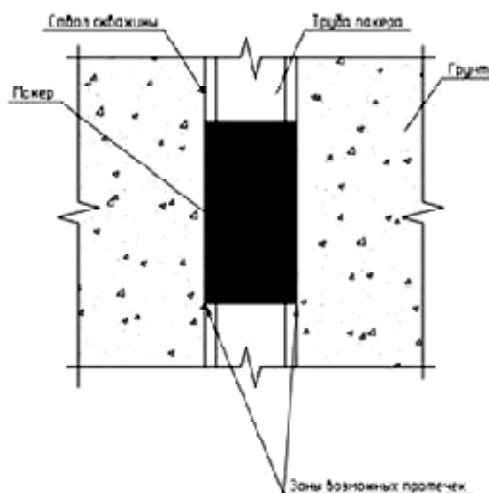


Рис. 2. Схема работы ВВП в скважине (иллюстрация авторов)

Образцы ВВП, находящиеся в боксах, после термостатирования в воде еще сутки выдерживали в помещении лаборатории, после чего крышка и дно бокса свинчивались, удалялись остатки воды, цилиндр с зафиксированным в нем образцом ВВП устанавливали на опорную обойму, а сверху, для равномерной передачи нагрузки, на образец укладывали пластину. Предполагается, что увеличение температуры термостатирования образцов ВВП в процессе испытаний ускоряет процесс диффузии воды в эластомер, имитируя тем самым реальные условия длительного нахождения пакера в воде, или воздействие на него гидростатического давления пластовых вод.

Результаты испытаний показали, что нагрузка необходимая для смещения образца ВВП относительно неподвижно зафиксированного цилиндра, после термостатирования при 20°C незначительна, и составляет для образцов Кварт менее 4,8 кг, а для образцов зарубежного производства – около 10,3 кг. Следует отметить резкий сброс нагрузки при испытании импортного образца с 10,3 кг до 4,9 кг при его перемещении всего на 1,16 мм, что говорит о возможном зацеплении пластины в начале испытания. В дальнейшем снижение нагрузки имеет плавный характер, что объясняется уменьшением площади соприкосновения набухшего эластомера с внутренней поверхностью неподвижного цилиндра. Поэтому правильнее было бы принять значение смещающей нагрузки равной 4,9 кг.

При испытании образца ВВП «Кварт» термостатированного при 65°C смещение образца произошло при нагрузке 409,5 кг, при этом величина деформирования эластомера составила 2,45 мм. Образцы ВВП зарубежного аналога сместились при нагрузке 187,9 кг, величина деформирования эластомера при этом составила 9,53 мм.

Термостатирование образцов ВВП при 100°C увеличили напряжения эластомера в обоих образцах. Смещение образца ВВП «Кварт» произошло при нагрузке 459,8 кг после деформирования на 11 мм, тогда как смещение образца зарубежного образца произошло после деформирования на 4,2 мм при нагрузке 404,4 кг.

Что бы посмотреть, как сохраняются напряжения в ВВП, вызванные набуханием эластомера, после смещения образец возвращался в исходное положение и повторно испытывался. Очевидно, что повторная смещающая нагрузка при этом будет снижаться. При повторном нагружении образец смещается уже при 284 кг и абсолютной деформации 8,2 мм. Последующее значение смещающей нагрузки составило 202 кг, а абсолютная деформация также 8,2 мм. Видно, что интенсивность снижения нагрузки постепенно затухает. Так после повторного испытания она снизилась по отношению к первоначальному значению (404 кг) сразу на 30 %, а после второго – на 50 %. Полученные результаты говорят о сохранении упруго-эластичных свойств в эластомере, даже после смещения относительно цилиндра, имитирующего ствол скважины.

Заключение

Согласно полученным результатам наиболее значимые характеристики эластомера производства «Кварт», используемого для ВВП, такие как степень набухания и

напряжение сдвига в скважине под гидростатическим давлением пластовых вод, не уступают характеристикам импортного аналога.

ВНП с эластомером производства «Кварт» обладает более высокими показателями твердости, упругости и степенью набухания по сравнению с аналогом, в меньшей степени подвержен деструктивным процессам при термическом старении и лучше сохраняет свои свойства. Набухание эластомера в замкнутом объеме сопровождается большим ростом напряжений по сравнению с эластомером зарубежного производства, что обеспечивает лучшую изоляцию ствола скважины.

Ускоренное термическое старение образцов показало, что эластомер производства «Кварт» лучше сохраняет свои свойства по сравнению с импортным аналогом и, соответственно, имеет большую долговечность.

Эластомер может использоваться, в гидротехническом строительстве, а также для гидроизоляции швов на объектах промышленного гражданского и транспортного строительства.

Список библиографических ссылок

1. Насыров А. М., Масленников Е. Н., Нагуманов М. М. Технологические аспекты охраны окружающей среды в добыче нефти. Ижевск : ООО «Парацельс Принт», 2013. 288 с.
2. Гасанов А. П. Аварийно-восстановительные работы в нефтяных и газовых скважинах. М. : Недра, 1987. 181 с.
3. Дж. Хайн NonteChniCal Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling and ProduCtion. М. : Норман, 2019. 288 с.
4. Уразаков К. Р., Здольник С. Е., Нагуманов М. М. Справочник по добыче нефти. СПб. : ООО «Недра», 2012. 672 с.
5. UNCTAD, World Investment Report, 2007. Transnational Corporation, ExtraClive Industries and Development. New York : United Nations, 2007. 294 с.
6. Oilfield ServiCes Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Trends, Analysis, Growth and ForeCast // [transparencymarketresearch.com](http://www.transparencymarketresearch.com) интернет-изд. 2014. URL: <http://www.transparencymarketresearch.com/oilfield-services-market.html> (дата обращения: 10.10.2019).
7. Смирнов Д. С. Метод оценки долговечности резины : программа 67 Всероссийской научной конференции КГАСУ по проблемам архитектуры и строительства / КГАСУ. Казань, 2015. С. 17.
8. Смирнов Д. С., Сулейманов А. М. Разработка методики и оценка долговечности водонабухающей резины для пакеров : тезисы докладов 68 всероссийской научной конференции по проблемам архитектуры и строительства / КГАСУ. Казань, 2016. С. 4.
9. Смирнов Д. С., Рахимов Р. З., Габидуллин М. Г., Каюмов Р. А., Стоянов О. В. Испытания и прогнозная оценка долговечности уплотнительной резины герметизирующих стыков блоков обделки метро // Вестник Казанского технологического университета. № 21. 2014. С. 17.
10. Аюпов Д. А., Макаров Д. Б. Теоретические аспекты расслаиваемости битумполимерных вяжущих // Вестник Казанского технологического университета. 2016. № 23. С. 50–53.

Suleymanov Alfred Midhatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: sulejmanov@kgasu.ru

Smirnov Denis Sergeevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: denis27111974@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Lobanova Angelina Sergeevna

laboratory assistant

E-mail: lobangelina@icloud.com

JSC «QUART»

The organization address: 420054, Russia, Kazan, Technicheskaya st., 25

A method for evaluating the durability of swelling rubber for packers

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the development of the methodology and the conduct on its basis of comparative tests and assess the durability of foreign and Russian elastomer used for the production of packers.

Results. The main results of the study are to establish a regime for accelerated testing of water swellable packers (WSP) to determine the change in their properties during aging in a thermo-humid and stress-strain state. Factors of WSP aging in this methodology are: temperature, water and mechanical stress. Accelerated tests were carried out in two stages. The first stage includes accelerated testing of samples in air-dry conditions. The second stage includes bench tests in a water-saturated state.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry lies in the fact that the elastic properties of the elastomer affect the ability of the packer to contain the hydrostatic pressure of the interstratal water. In addition, the hardness, elasticity, and the value of the residual deformation of the elastomer contribute to its preservation in the event of mechanical stresses that may occur during its installation, delivery or storage. WSP with an elastomer manufactured by Kvart has higher hardness, elasticity and degree of swelling compared to its counterpart, it is less susceptible to destructive processes during thermal aging and retains its properties better, respectively, has a greater durability.

Keywords: water swellable packers (WSP), elastomer, hydrostatic pressure, thermal aging, durability.

References

1. Nasyrov A. M., Maslennikov E. N., Nagumanov M. M. Technological aspects of environmental protection in oil production. Izhevsk : LLC Paracelsus Print, 2013. 288 p.
2. Gasanov A. P. Emergency recovery work in oil and gas wells. M. : Nedra, 1987. 181 p.
3. Hein J. Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling and Production. M. : Norman, 2019. 288 p.
4. Urazakov K. R., Zolnik S. E., Nagumanov M. M. Handbook of oil production. SPb. : Nedra LLC, 2012. 672 p.
5. UNCTAD, World Investment Report, 2007. Transnational Corporation, ExtraClive Industries and Development. New York : United Nations, 2007. 294 p.
6. Oilfield Services Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Trends, Analysis, Growth and Forecast // transparencymarketresearch.com online edition. 2014. URL: <http://www.transparencymarketresearch.com/oilfield-services-market.html> (reference date: 10.10.2019).
7. Smirnov D. S. Method for evaluating rubber durability: program of the 67th All-Russian Scientific Conference of KSASU on problems of architecture and construction / KSASU, Kazan, 2015. P. 17.
8. Smirnov D. S., Suleymanov A. M. Development of a methodology and assessment of the durability of water-swelling rubber for packers: abstracts of the 68th All-Russian Scientific Conference on Problems of Architecture and Construction / KSASU. Kazan, 2016. P. 4.
9. Smirnov D. S., Rakhimov R. Z., Gabidullin M. G., Kayumov R. A., Stoyanov O. V. Tests and predictive evaluation of the durability of the sealing rubber of the sealing joints of the subway lining blocks // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. № 21. 2014. P. 17.
10. Ayupov D. A., Makarov D. B. Theoretical aspects of the delamination of bitumen-polymer binders // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. № 23. P. 50–53.