

УДК 53.082.13

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТОПЛИВОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.Н. РЫБАКОВ, О.Д. ХАРЛАМОВА, С.И. ЧИРИКОВ, Р.И. КЮННАП

Основу предлагаемой методологии составляет оценка барьерных и физико-механических характеристик конструкционного полимерного материала после одностороннего воздействия нефтепродукта при температуре предполагаемого климатического района эксплуатации. Расчет технико-экономической эффективности методологии показывает, что экономия составила 360 000 руб. при испытании одного полимерного материала с одним нефтепродуктом.

Ключевые слова: топливостойкие полимерные материалы, технические средства нефтепродуктообеспечения, односторонний контакт, физико-механические показатели, максимальная проницаемость.

Существующая система испытаний полимерных материалов по отдельным показателям, предложенная предприятиями-изготовителями, позволяет оценить их лишь на этапе промышленного производства. При этом используется ряд допущений, не позволяющих адекватно оценить полимерные материалы при эксплуатации в технических средствах нефтепродуктообеспечения (ТСН), в частности, объемное погружение образцов материала в стандартные жидкости по ГОСТ 9.030 без учёта соотношения площади внутренней поверхности, массы полимерного материала и нефтепродукта, температурного диапазона эксплуатации, изменения физико-механических свойств после контакта и испарения нефтепродукта.

Одним из основных недостатков существующей системы испытаний и оценки полимерных материалов для ТСН является несоответствие условий испытаний условиям эксплуатации и, как следствие, недостаточный технический уровень ТСН (материалоёмкость, климатическое исполнение, инертность к рабочим средам, потери нефтепродуктов, надёжность, живучесть, экономичность, безопасность эксплуатации и др.).

В соответствии с требованиями по назначению [1] ТСН должны обеспечивать герметичность и стойкость к воздействию нефтепродуктов.

Особенностью эксплуатации ТСН является периодический односторонний контакт полимерного конструкционного с нефтепродуктом (заполнение, хранение и опорожнение), а также испарение и проницаемость нефтепродукта через полимерный материал.

Основу предлагаемой методологии [2] составляет оценка барьерных и физико-механических характеристик конструкционного полимерного материала после одностороннего воздействия нефтепродукта при температуре предполагаемого климатического района эксплуатации, позволяющая отслеживать состояние элементов, комплектующих изделий и ТСН в целом на всех этапах жизненного цикла.

В качестве интегрального показателя, определяющего количественные потери, предложено использовать максимальную проницаемость (ГОСТ 27896) нефтепродукта через конструкционный полимерный материал, которая не должна превышать погрешности используемых в настоящее время средств учёта при приемно-расходных операциях с нефтепродуктами (0,5%). Это условие выполняется при максимальной проницаемости, не превышающей $35 \text{ г/м}^2 \text{ сут.}$ [3].

Изменение значений физико-механических показателей после одностороннего контакта с нефтепродуктами не должно превышать 20% от исходных значений в соответствии с требованиями ГОСТ 9.071 к изделиям, работающим в жидких агрессивных средах для 1 группы стойкости.

При максимальной проницаемости ($\geq 35 \text{ г/м}^2 \text{ сут.}$) полимерный материал бракуется и дальнейшие испытания не производятся. Предложенный показатель является одновременно необхо-

димым и достаточным условием для оценки возможности использования полимерного материала для изготовления ТСН, что позволяет существенно сократить объем испытаний полимерных материалов уже на первом этапе исследований.

Испытания проводились в 5 этапов:

- на этапе 1 определялись барьерные свойства полимерных материалов для внутреннего слоя эластичного резервуара (ЭР), т.е. максимальная P_{\max} проницаемость нефтепродукта [2];
- на этапе 2 оценивалось изменение качества топлив при статическом контакте с полимерными материалами в соответствии с [4], выдержавшими первый этап испытаний;
- на этапе 3 испытаниям подвергались образцы конструкционного материала до воздействия жидких агрессивных сред (в исходном состоянии);
- на этапе 4 испытаниям подвергались образцы конструкционного материала после воздействия жидких агрессивных сред [5];
- на этапе 5 испытаниям подвергались образцы конструкционного материала после воздействия и последующего испарения жидких агрессивных сред.

Сравнительные исследования проницаемости полимерных многослойных пленок «Экстрален», «Полиформ», «Полифуд», «Эволайн», изготовленных по ТУ 2245-001-52186250-2005, «Полиол» - по ТУ 2245-002-70005482-2003 и «Пластиплен» - по ТУ 2245-378-05761910-2005 проводили по ГОСТ 27896 при различных температурах.

Результаты исследования проницаемости топливостойких полимерных материалов, предполагаемых для использования в качестве внутреннего слоя, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования проницаемости нефтепродуктов через полимерные материалы

Марка материала	Проницаемость, г/м ² сут.				
	Температура, °С	Норма	Регуляр-92 ГОСТ Р 51105	ТС-1 ГОСТ 10227	ДЗ ГОСТ 305
«Экстрален»	23	Не более 35	40	25	15
	50		-	52	30
«Полиформ»	23		15	5	3
	50		43	14	9
«Полифуд»	23		6	0	0
	50		12	4	1
«Эволайн»	23		3	0	0
	50		25	6	2
«Полиол»	23		2745	1560	1480
	50		-	-	-
«Пластиплен»	23		6150	2030	1740
	50		-	-	-

Испытания при 23⁰ С показали, что в климатических районах I₁ – I₄ ГОСТ 16350-80 в качестве топливостойкого внутреннего слоя оболочки ЭР для автобензина «Регуляр-92» могут быть использованы пленки «Полиформ», «Полифуд» и «Эволайн», проницаемость которых составляет 15, 6 и 3 г/м² сут. соответственно. Для реактивных (ТС-1) и дизельных (ДЗ) топлив дополнительно - «Экстрален».

Установлено, что в климатических районах I₅ – I₁₂ в качестве топливостойкого внутреннего слоя оболочки ЭР для автобензина «Регуляр-92» могут быть использованы пленки «Полифуд» и «Эволайн», проницаемость которых составляет 12 и 25 г/м² сут. соответственно. Для реактивных (ТС-1) и дизельных (ДЗ) топлив дополнительно - «Полиформ».

На этапе 2 проводилась оценка изменения качества топлив при статическом контакте с полимерным материалом.

Установлено, что исследуемые конструкционные материалы не влияют на качество топлив [6].

На этапе 3 для объективной оценки качества конструкционного полимерного материала проводился комплекс стандартных испытаний образцов (в исходном состоянии).

Качество полимерного материала оценивалось по показателям: прочность при растяжении, МПа; относительное удлинение при разрыве, %; разрывная нагрузка полимерного материала и сварного шва, Н.

Показатели можно подразделить на две категории. Показатели первой категории определяют состояние материала в момент испытания, по показателям второй категории оценивают изменение свойств материала во время пребывания в условиях рабочей или окружающей среды, деформированного состояния, нестандартных температурных условий (при воздействии автобензина Регуляр-92 и после его испарения). Обычно показатели второй категории определяют путем сравнения изменений показателей первой категории при достаточно продолжительном пребывании образца в заданных условиях.

Результаты испытаний пленок «Полифуд» и «Эволайн» по показателям первой категории представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний полимерных материалов внутренней оболочки ЭР

Показатель	Исходная	Норма	Пленка полимерная			
			Полифуд		Эволайн	
			основа	уток	основа	уток
Прочность при растяжении, МПа, не менее	Исходная	20,0	25,0	23,6	22,6	21,0
	После воздействия Регуляр-92 при 50 ⁰ С	не менее 18,0	29,4	26,1	24,3	23,0
	После испарения Регуляр-92 при 70 ⁰ С		24,6	20,9	19,3	19,0
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	Исходное	не менее 300	437	492	352	383
	После воздействия Регуляр-92 при 50 ⁰ С	не менее 270	441	486	179	173
	После испарения Регуляр-92 при 70 ⁰ С		433	460	175	171
Разрывная нагрузка материала, Н, не менее	Исходная	не менее 200	415	405	267	223
	После воздействия Регуляр-92 при 50 ⁰ С	не менее 180	397	385	213	196
	После испарения Регуляр-92 при 70 ⁰ С		408	396	239	215
Разрывная нагрузка сварного шва, Н, не менее	Исходный	не менее 170	250		214	
	После воздействия Регуляр-92 при 50 ⁰ С	не менее 153	180		разрушение шва	
	После испарения Регуляр-92 при 70 ⁰ С		206		-	

На этапе 4 проводилась оценка физико-механических показателей второй категории образцов конструкционного полимерного материала после одностороннего воздействия автобензина Регуляр-92.

На основании обработки статистических данных по ТСН (эластичные резервуары; полимерная тара; стеклопластиковые трубопроводы; рукава и др.) для хранения и транспортирования нефтепродуктов получены зависимости площади внутренней поверхности конкретного технического средства от массы хранимого нефтепродукта [2].

На основе проведенных исследований получены коэффициенты вместимости K_v , представляющие собой отношение массы нефтепродукта к площади контактирующей с ним внутренней поверхности ТСН.

Объем герметичного контейнера для оценки изменения физико-механических характеристик полимерной пленки (рис. 1) сконструирован с учетом максимальной массы нефтепродукта, необходимой для одностороннего контакта с образцом полимерного материала.

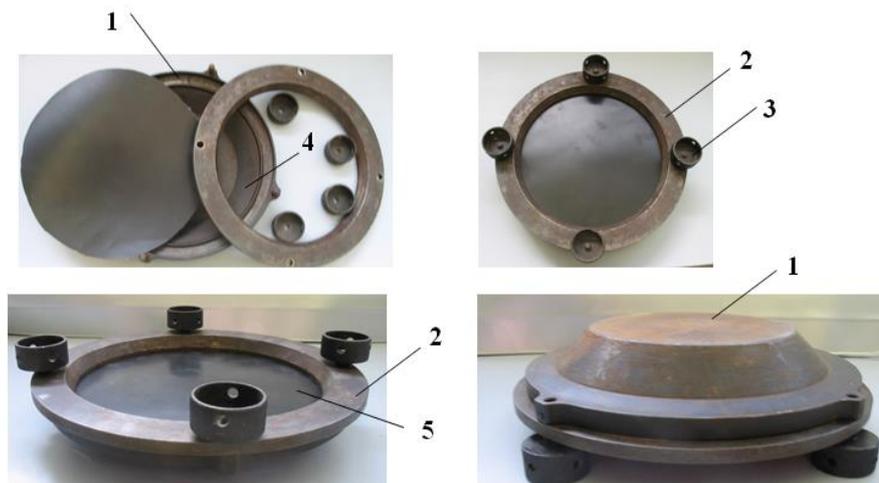


Рис. 1. Герметичный контейнер для одностороннего контакта полимерных материалов с нефтепродуктом: 1 – контейнер для нефтепродукта; 2 – прижимная крышка; 3 – гайка; 4 – кольцевая прокладка; 5 – испытуемый полимерный материал

По результатам испытаний этапа 4 этап 5 (после воздействия и последующего испарения автобензина Регуляр-92) проводился только на образцах полимерного материала «Полифуд».

Исследования показали, что полимерный материал марки «Полифуд» ТУ 2245-001-52186250-2005 может применяться в качестве внутреннего топливостойкого слоя ЭР при хранении нефтепродуктов в климатических районах I₅ – I₁₂.

Методология исследования приведена на рис. 2.

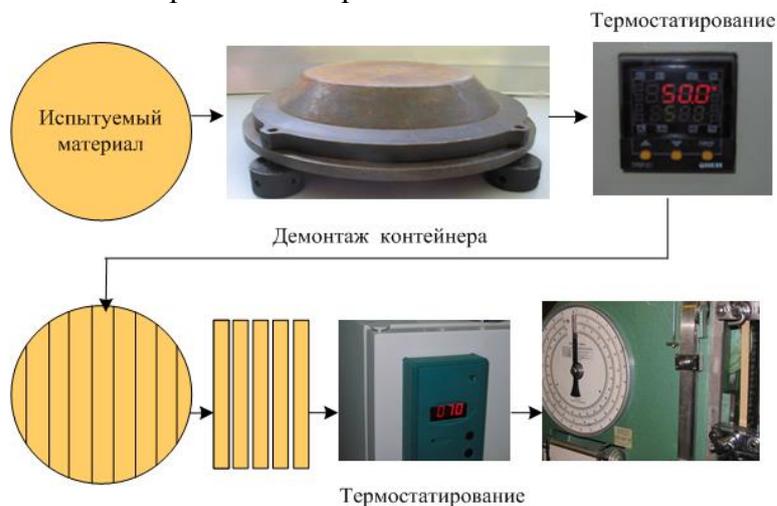


Рис. 2. Методология оценки физико-механических показателей образцов конструкционного материала после воздействия и последующего испарения нефтепродуктов

Предложенная методология оценки возможности использования полимерных материалов для изготовления ТСН позволяет: повысить достоверность результатов исследования за счет приближения условий испытаний к условиям эксплуатации конкретных технических средств из полимерных материалов в различных климатических районах; сократить объём и снизить затраты на проведение исследований на 60%; обеспечить надежность и экологическую безопасность эксплуатации технических средств из полимерных материалов.

Методология является составной частью технологий: создания и применения военной и специальной техники; продления ресурса эластичных резервуаров; продления ресурса соединений ТСН; оценки потерь нефтепродуктов при хранении в ТСН из полимерных материалов; повышения надежности ТСН в природно-климатических условиях Арктики.

Методология используется при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию ВВТ и специальной техники.

Расчёт технико-экономической эффективности методологии показывает, что при испытании одного полимерного материала с одним нефтепродуктом по ГОСТ РВ 50920 для одного вида климатического исполнения по ГОСТ 15150 экономия составила 360 000 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОТТ 8.1.1.1-2008. *Общие технические требования к техническим средствам службы горючего*. М.: Воениздат, 2009. 87 с.
2. **Патент РФ 2310841**. *Способ оценки возможности использования многослойного полимерного материала для изготовления технических средств нефтепродуктообеспечения* / Рыбаков Ю.Н., Харламова О.Д., Самарина Г.Р., Паталах И.И., Федоров А.В. // Заявл. 2006. Оpubл. 2007. Бюл. № 29.
3. *Исследования по разработке временных норм естественной убыли нефтепродуктов при их хранении и транспортировке*: отчет о НИР. М.: ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», 2009. 94 с.
4. **Патент РФ 2284522**. *Способ оценки влияния светлых нефтепродуктов на изделия из полимерных материалов* / Рыбаков Ю.Н., Харламова О.Д., Самарина Г.Р., Паталах И.И., Федоров А.В. // Заявл. 2005. Оpubл. 2006. Бюл. № 27.
5. **Патент РФ 2343447**. *Способ оценки воздействия нефтепродуктов на полимерные материалы, используемые в технических средствах нефтепродуктообеспечения* / Рыбаков Ю.Н., Харламова О.Д., Паталах И.И., Федоров А.В. // Заявл. 2007. Оpubл. 2009. Бюл. № 1.
6. *Внедрение новых конструкционных материалов и покрытий для оборудования и технических средств нефтепродуктообеспечения*: отчет о НИР. М.: ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», 2009. 61 с.

NEW APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF FUEL-RESISTANT POLYMER MATERIALS

Ribakov Yu.N., Harlamova O.D., Chirikov S.I., Kyunnap R.I.

The basis of the proposed methodology is the evaluation of the barrier and physico-mechanical properties of structural polymeric material after the unilateral oil exposure at the alleged exploitation of the climatic region. Calculation of technical and economic efficiency methodology shows that savings of 360,000 rubles occur when testing the same polymer material with a petroleum product.

Keywords: facilities, petroleum products, unilateral contact, physical and mechanical parameters, maximum permeability.

REFERENCES

1. ОТТ 8.1.1.1-2008. *Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya k tekhnicheskim sredstvam sluzhby goryuchego*. М.: Voenizdat. 2009. 87 p. (In Russian).
2. **Patent RF 2310841**. *Sposob otsenki vozmozhnosti ispol'zovaniya mnogoslownogo polimernogo materiala dlya izgotovleniya tekhnicheskikh sredstv nefteproduktoobespecheniya*. Rybakov Yu.N., Kharlamova O.D., Samarina G.R., Patalakh I.I., Fedorov A.V. Declared 2006. Published 2007. Bulltin № 29. (In Russian).
3. *Issledovaniya po razrabotke vremennykh norm yestestvennoy ubyli nefteproduktov pri ikh khraneni i transportirovke*: otchet o NIR. М.: FAU «25 GosNII khimmotologii Minoborony Rossii». 2009. 94 p. (In Russian).
4. **Patent RF 2284522**. *Sposob otsenki vliyaniya svetlykh nefteproduktov na izdeliya iz polimernykh materialov*. Rybakov Yu.N., Kharlamova O.D., Samarina G.R., Patalakh I.I., Fedorov A.V. Declared 2005. Published 2006. Bulltin № 27. (In Russian).
5. **Patent RF 2343447**. *Sposob otsenki vozdeystviya nefteproduktov na polimernyye materialy, ispol'zuyemye v tekhnicheskikh sredstvakh nefteproduktoobespecheniya*. Rybakov Yu.N., Kharlamova O.D., Patalakh I.I., Fedorov A.V. Declared 2007. Published 2009. Bulltin № 1. (In Russian).
6. *Vnedreniye novykh konstruktivnykh materialov i pokrytiy dlya oborudovaniya i tekhnicheskikh sredstv nefteproduktoobespecheniya*: otchet o NIR. М.: FAU «25 GosNII khimmotologii Minoborony Rossii». 2009. 61 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Рыбаков Юрий Николаевич, 1961 г.р., окончил МИНХ и ГП им. И.М. Губкина (1983), кандидат технических наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лауреат стипендии Президента РФ «Работникам оборонно-промышленного комплекса за выдающиеся заслуги в создании военной и специальной техники», старший научный сотрудник, начальник 23 отдела «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор более 200 научных работ, область научных интересов – нефтепродуктообеспечение, полимерные материалы.

Харламова Ольга Дмитриевна, окончила МАТИ (1978), начальник лаборатории полимерных материалов и новых технологий «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор более 80 научных работ, область научных интересов – складские технические средства нефтепродуктообеспечения.

Чириков Сергей Игоревич, 1990 г.р., окончил МАТИ (2013), младший научный сотрудник 23 отдела «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор 5 научных работ, область научных интересов – полимерные материалы.

Кюннап Роман Игоревич, 1989 г.р., окончил УВВТУ (ВИ) (2011), младший научный сотрудник 23 отдела «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», автор 7 научных работ, область научных интересов – технические средства нефтепродуктообеспечения.