

Хранение смазочных масел в полиэтиленовых емкостях

Storing lubricants in polyethylene containers

Ю.Н. РЫБАКОВ¹, Д.В. КОЛОТИЛИН¹, А.В. ДЕДОВ¹, Р.И. КЮННАП¹, В.Г. НАЗАРОВ²YU.N. RYBAKOV¹, D.V. KOLOTILIN¹, A.V. DEDOV¹, R.I. KUNNAP¹, V.G. NAZAROV²¹ ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», Москва, Россия² Московский политехнический университет, Москва, Россия¹ FAU "25 State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of Russia", Moscow, Russia² Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

dedovs55@rambler.ru

Исследована убыль масел при хранении и транспортировании в емкости на основе саженатолненного полиэтилена низкого давления. Установлены ограничения стандартной методики определения диффузионной проницаемости полимеров для оценки убыли масел из емкости. Модель оценки убыли масел при хранении в емкости получена из зависимостей уменьшения массы масел от условного времени, рассчитанного как корень квадратный из времени.

Ключевые слова: смазочное масло, полиэтиленовая емкость, убыль

Losses of oils during storage and transportation in containers based on soot-filled low-pressure polyethylene were investigated. The limitations of the standard method for determining the diffusion permeability of polymers for assessing the loss of oils from a container are established. The model for estimating the loss of oils during storage in a container was derived from the dependences of the reduction in the mass of oils on the conditional time, calculated as the square root of the time.

Keywords: lubricating oil, polyethylene container, losses

DOI: 10.35164/0554-2901-2022-1-2-41-42

Введение

По сравнению с металлическими баками применение полимерных емкостей для хранения и транспортирования смазочных масел [1–4] снижает общую массу груза. Кроме того, полимерные материалы позволяют получать емкости относительно небольшого объема, что облегчает манипулирование объемом и формой емкостей и повышает заполнение складских помещений. Недостатком полимерной тары является относительно высокая проницаемость по углеводородам [5–7]. Целью работы является исследование кинетики уменьшения массы смазочных масел при хранении в полиэтиленовой емкости.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали образцы, вырезанные из одной промышленной емкости объемом 500 мл на основе саженатолненного полиэтилена низкого давления (ПЭНД) марки 711К по ТУ 20.16.59-004-34748903-2017. Емкость предназначена для хранения смазочных масел ЛЗ-240 (ТУ 301-04-010-92), Б-3В (ТУ 38.101295-85) и ЛЗ КТЗ (ТУ 0253-021-56194358-2008).

Проницаемость ПЭНД по маслам определяли по ГОСТ 27896-88 с применением электронных весов с точностью $\pm 0,0002$ г при температуре 50°C в течение 14 суток выдержки с периодичностью взвешивания 1 сут. При испытаниях масло непосредственно контактировало с поверхностью образца ПЭНД [8]. Ячейку, содержащую 50 мл масла, помещали в термошкаф и обдували воздухом при линейной скорости 0,5 м/с, что обеспечило непрерывное удаление с поверхности образца продиффундировавшего масла и наличие зависимости скорости уменьшения массы масла в ячейке от проницаемости наполненного ПЭНД.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Кинетические зависимости уменьшения массы масел в ячейке, рассчитанные на единицу площади образцов (Q , кг/м²) за время эксперимента (τ , сут), представлены на рис. 1.

Зависимости Q от τ отличаются от стандартных зависимостей, полученных при обработке экспериментальных результатов уменьшения в ячейке массы индивидуальных жидкостей. Стандартные

зависимости Q от τ отражают двухстадийный перенос жидкости в полимере. На первой стадии скорость уменьшения массы жидкости в ячейке возрастает, на второй стадии – становится постоянной [9–11]. В данном случае зависимости на рис. 1 отражают процесс, в котором уменьшение массы масел в ячейке на первой стадии процесса происходит с постоянной скоростью, а на второй стадии она снижается.

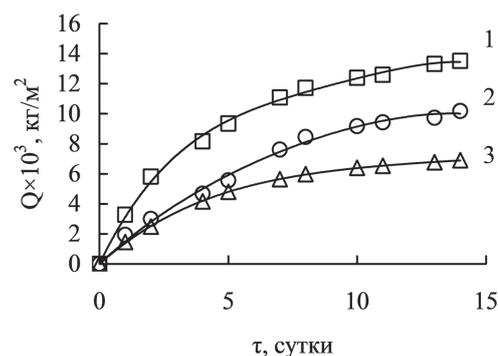


Рис. 1. Кинетические зависимости уменьшения массы масел ЛЗ-240 (1), Б-3В (2) и ЛЗ КТЗ (3) в ячейке при температуре 50°C .

Полученный результат ограничивает применение стандартной методики для оценки времени герметичности емкости, в течение которого масло диффундирует к поверхности емкости. Для моделирования убыли топлив при хранении в полимерных резервуарах был предложен подход, связанный с установлением параметров процесса из зависимостей уменьшения массы топлив в системе координаты условного времени ($\tau^{0,5}$, сут^{0,5}), которое рассчитывали как корень квадратный из времени эксперимента [8, 12].

Зависимости уменьшения массы масел в ячейках от условного времени эксперимента представлены на рис. 2.

В системе координаты условного времени зависимости сложного вида Q от τ (рис. 1) трансформируются в состоящие из двух линейных отрезков с различными углами наклона. Вид зависимостей Q от $\tau^{0,5}$ отражает двухстадийный процесс уменьшения массы

масел в емкости на основе саженаполненного ПЭНД. Для различных масел начальный линейный отрезок зависимостей Q от $\tau^{0,5}$ сохраняется при изменении условного времени от 0 до 3 сут^{0,5}. При условном времени от 3 до 3,8 сут^{0,5} уменьшение массы масел в ячейке отражается вторым линейным отрезком зависимостей Q от $\tau^{0,5}$ (рис. 2). Уменьшение массы масел на первой стадии процесса происходит с большей скоростью по сравнению со скоростью уменьшения массы масел на второй стадии.

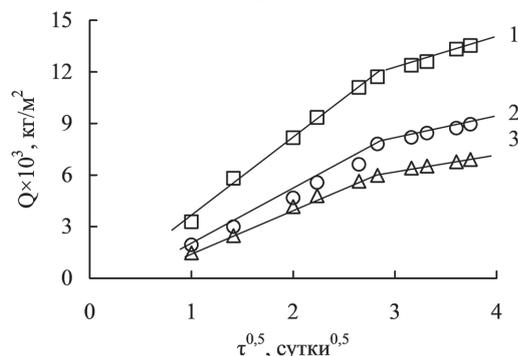


Рис. 2. Кинетические зависимости уменьшения массы масел ЛЗ-240 (1), Б-3В (2) и ЛЗ КТЗ (3) в ячейке при температуре 50°C в координате условного времени.

При условии $3 \text{ сут}^{0,5} > \tau^{0,5} > \tau_{\Gamma}^{0,5}$ (где τ_{Γ} — условное время, больше которого выполняется условие $Q > 0$, и которое определяется пересечением начального отрезка зависимостей Q от $\tau^{0,5}$ с осью абсцисс) кинетика уменьшения массы масел в ячейке на первой стадии процесса при температуре 50°C с коэффициентом корреляции не менее 0,94 описывается уравнением общего вида:

$$Q \times 10^3 = k(\tau^{0,5} - \tau_{\Gamma}^{0,5}) \text{ при } 3 \text{ сут}^{0,5} > \tau^{0,5} > \tau_{\Gamma}^{0,5}, \quad (1)$$

где k — коэффициент приведения, кг/(м²×сут^{0,5}), который соответствует условной скорости убыли масел в емкости с площадью поверхности 1 м².

Уравнение (1) является основой модели убыли масел в емкости на основе саженаполненного ПЭНД, при использовании которой для расчета уменьшения массы масел при хранении необходимо учитывать площадь поверхности емкости. Параметр $\tau_{\Gamma}^{0,5}$ соответствует условному времени герметичности емкости или времени, в течение которого масло не появляется на внешней поверхности емкости и не начинает улетучиваться в окружающую среду.

Показатели k и $\tau_{\Gamma}^{0,5}$ и τ_{Γ} представлены в таблице.

Таблица. Параметры проницаемости масел ЛЗ-240, Б-3В и ЛЗ КТЗ через стенку емкости площадью 1 м² при температуре 50°C.

масло	Q_3^* , кг/м ²	$\tau_{\Gamma}^{0,5}$, сут ^{0,5}	τ_{Γ} , сут (час)	k , кг/(м ² ×сут ^{0,5})
ЛЗ-240	0,0488	0,27	0,07 (1,7)	4,8
Б-3В	0,0209	0,36	0,13 (3,1)	2,9
ЛЗ КТЗ	0,0148	0,48	0,23 (5,5)	2,7

* Q_3 (кг/м²) — уменьшение начальной массы масел при хранении в емкости площадью поверхности 1 м² за условное время 3 сут^{0,5}, больше которого наблюдается отклонение показателей уменьшения массы масла в ячейке от линейной зависимости;

Из кинетических зависимостей Q от $\tau^{0,5}$ следует, что при температуре 50°C на первой стадии процесса, длительность которой составляет 9 суток, масса масел уменьшается на 2–5%. На второй стадии, которая начинается с 9 суток и продолжается до 14 суток эксперимента, масса масел снижается на относительно небольшую величину (рис. 2).

Основу синтетических масел различных марок составляют сложные эфиры пентаэритрита и жирных кислот с различными присадками. С высокой степенью вероятности можно утверждать, что использованные в работе масла отличаются содержанием низкомолекулярной фракции, скорость диффузии которой в ПЭНД

больше скорости диффузии высокомолекулярных фракций. Состав низкомолекулярных фракций, по-видимому, включает жирные кислоты.

В таком случае за первые 9 суток диффундируют преимущественно низкомолекулярные фракции масел, снижение скорости диффузии после 9 суток хранения отражает диффузию в основном высокомолекулярных фракций. Кроме того, большее снижение массы масла ЛЗ-240 за время хранения от 0 до 14 суток (рис. 2) является следствием относительно большого содержания низкомолекулярной фракции, в то время как масла Б-3В и ЛЗ КТЗ содержат меньшее количество низкомолекулярных фракций.

Выводы

- емкость на основе саженаполненного ПЭНД может использоваться для хранения и транспортирования масел ЛЗ-240, Б-3В и ЛЗ КТЗ при температуре хранения ниже 50°C в течение 14 суток;
- за первые 9 суток хранения и транспортирования при температуре 50°C происходит, вероятно, изменение состава масел, что является следствием преимущественной диффузии через стенку емкости низкомолекулярных фракций;
- при использовании емкости на основе саженаполненного ПЭНД минимальная убыль наблюдается при хранении и транспортировании масел Б-3В и ЛЗ КТЗ.

Литература

1. Новиков А.А., Чухарева Н.В. Физико-химические основы процессов транспорта и хранения нефти и газа: Томский политехнический университет. Томск: Изд-во ТПУ 2005. 111 с.
2. Novokshonov V.V., Musin I.N., Kimeľ'blat V.I. Optimization of properties of oil-resistant thermoplastic elastomeric composites// Plast. Massy. 2009. №3. P. 24–26.
3. Иванов А.В. Система обеспечения горючим армии США. М.: Воениздат. 2018. 164 с.
4. Астафьев С.Н., Кугай М.А., Шевчук Т.П., Русакова А.О. Изменение показателей качества смазочных масел при хранении в таре: прикладные исследования по проблемам хранения//Теория и практика длительного хранения. ФГБУ НИИПХ Росрезерва. 2020. Т. 51. №3. С. 17–25.
5. Nazarov, V.G., Volynskii, A.L., Yarysheva, L.M., Stolyarov, V.P., Bakaev, N.F. Transformation of the modified layer of fluorinated polyolefins under stretching//Polymer Science - Series A 2012. V. 54. №9. С. 679–683
6. Рыбаков Ю.Н., Харламова О.Д. Новые подходы к оценке топливостойких полимерных материалов//Научный вестник МГТУ ГА. 2015. №217. С. 5–8.
7. Рыбаков Ю.Н., Дедов А.В., Ларионов С.В. Проницаемость полимерных материалов для технических средств хранения нефтепродуктов//Наука и технология трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Т. 9. №4. С. 440–443.
8. Колотилин Д.В., Дедов А.В., Кюннап Р.И. Методика оценки герметичности полимерных резервуаров для перевозки топлива воздушным транспортом//Пласт. массы. 2021. №1–2. С. 46–48.
9. Малкин А.Я., Чалых А.Е. Диффузия и вязкость полимеров: Методы измерения. М.: Химия. 1979. – 168 с.
10. Nazarov, V.G., Stolyarov, V.P., Baranov, V.A., Evlampieva, L.A. Fluorinated rubber with improved tribotechnical properties// Russian Journal of General Chemistry 2009. V.79. №3. С. 565–577.
11. Чалых А.Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия. 1987. 312 с.
12. Колотилин Д.В., Дедов А.В., Рыбаков Ю.Н. Герметичность полимерных резервуаров для перевозки топлива воздушным транспортом//Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. №12. С. 34–37.