

УДК 678

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/40>

НАБУХАЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

©Хейрабади Г., Азербайджанский государственный университет нефти
и промышленности, г. Баку, Азербайджан, qezale@mail.ru

©Мусави С., Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан, saidamusavi@mail.ru

SWELLING OF SEALING ASSEMBLES PARTS MANUFACTURED FROM COMPOSITE MATERIALS

©Kheyrabadi Q., Azerbaijan State University of Oil and Industry, qezale@mail.ru

©Musavi S., Azerbaijan State University of Oil and Industry, saidamusavi@mail.ru

Одним из преимуществ пластических масс по сравнению с металлами и другими материалами является то, что существуют очень простые и недорогие способы изготовления изделий. Известно множество способов изготовления изделий из пластических масс. Применение их зависит от конфигурации изготавливаемого изделия, требуемых от него технических условий, его назначения и экономической эффективности. Наиболее распространенными являются в основном экструзия при производстве крупногабаритных изделий, в том числе труб, листовых материалов, полотен, различных профилей, стержней, а также при производстве среднегабаритных изделий и мелких деталей с точки зрения количества, давления при литье и методах прессования. По экономическим показателям следует учитывать и заранее группировать оптимальный способ приготовления любых композиционных материалов. Большое значение имеет разработка новых технологических методов изготовления деталей и изделий из полимеров и их композиций.

One of the advantages of plastics over metals and other materials is that there are very simple and inexpensive ways to make products from them. It is known that there are more than 100 methods for manufacturing plastic products. The use of these methods depends on the configuration of the product being manufactured, the technical conditions required of it, its purpose and economic efficiency. Although there are more than 100 processing methods, the most common of them are mainly extrusion in the production of large-sized products, including pipes, sheet materials, webs, various profiles, rods, as well as in the production of medium-sized products and small parts in terms of quantity, casting pressure and pressing methods. Based on economic indicators, the optimal method for preparing any composite materials should be taken into account and grouped in advance. The development of new technological methods for manufacturing parts and products from polymers and their compositions is of great importance.

Ключевые слова: композиционные материалы, набухание полимеров, поликарбонат, металл, графит, полиамид.

Keywords: composite materials, swelling of polymers, polycarbonate, metal, graphite, polyamide.

В настоящее время все шире применяются в качестве материалов для уплотнительных деталей различные композиционные материалы на полимерной основе. Однако наряду с механическими процессами износа, причиной разрушения уплотнительных деталей из этих материалов является также набухание полимеров-увеличение их объема и массы, а при постоянном объеме детали, возникновение высоких напряжений в несколько сотен МПа.

При исследовании процесса бурения турбобуром, статор и ротор турбины которого были изготовлены из капрона, исследователи Московского нефтяного университета обнаружили существенное торможение в паре статор-ротор ввиду набухания материала из этих деталей турбины. Известно, что набухание полимерных материалов в процессе эксплуатации приводит к изменению массы и размеров деталей и, как правило, отрицательно сказывается на механических характеристиках материала [1].

Для уменьшения набухаемости полимерных материалов в его состав вводят графит, металлы и другие измельченные материалы, что позволяет расширить область применения этих полимерных материалов. В отличие от других исследований, в данной работе приведены результаты испытаний по изменению массы и размеров уплотнительных деталей нефтепромыслового оборудования, которые проводились в реальных условиях, т.е. с использованием нефтепромысловой воды и в трансформаторном масле марки Т-750, которое широко применяется на практике [2-6].

В качестве испытываемых материалов были взяты наряду с относительно мало исследованными материалами-поликапроамид Б, поликарбонат, полиамид, АТМ-2 (антифрикционный термопластичный материал), также композиционные материалы на полимерной основе, разработанные на кафедре «Машиностроение и материаловедение» Азербайджанской государственной университет нефти и промышленности (ПТГМ-полиамид+термоантрацит+графит+медь, ПЭТГМ-полиэтилен+термо-антрацит+графит+медь, ПЭГМ-полиэтилен (Баку)+графит+медь) (Таблица).

В литературе приводятся справочные данные для изменения массы и размеров деталей из различных пластмасс в течение 24 ч, иногда за 4...10 суток, редко в течение 1 года, но, как правило, в дистиллированной воде (δ_m) меняется в пределах 2,3...14% и для ограниченного числа материалов (например, для полиамида марки П-68, капрона, стеклопластика марки НСП-1 и др [1, 2]).

Обработка полученных экспериментальных данных по набухаемости может производиться по различным моделям. Ряд авторов рекомендуют в качестве модели обработки принять дробно-линейную функцию вида:

$$\delta_m = \frac{\tau}{\alpha + b\tau} \quad (1)$$

$$\delta_d = \frac{\tau}{\alpha^1 + b^1\tau} \quad (2)$$

где δ_m и δ_d — относительное, увеличение массы и диаметра изделия, α , α' , b , b' — коэффициенты, найденные экспериментально.

Данная модель удобна тем, что она, будучи нелинейной, может быть приведена к линейному виду, а адекватность модели может быть проверена графически (в координатах τ - δ/τ). Кривые уравнения (1) и (2) имеют асимптоты, равные:

$$\delta_{m \max} = 1/b \quad (3)$$

$$\delta_{d \max} = 1/b \quad (4)$$

которые при адекватности модели соответствуют предельным значениям увеличения массы и размеров испытываемых деталей из полимеров.

Экспериментальные данные увеличения линейного размера (диаметра) изделий в промышленных водах и минеральном масле в зависимости от времени.

Таблица
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ УВЕЛИЧЕНИЯ МАССЫ ИЗДЕЛИЙ

Материал	Поликапроамид-Б		Поликарбонат		Полиамид Пб		Композиционный материал ПТГМ	
Начальная масса (г)	12,61		20,73		101,12		21,56	
Время (сутки)	Увеличение массы	Относительное увеличение массы (%)	увеличение массы	Относительное увеличение массы (%)	увеличение массы	Относительное увеличение массы (%)	Увеличение массы	Относительное увеличение массы (%)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,6	4,76	0,36	1,74	0,24	0,24	0,13	0,6
10	0,97	7,69	0,56	2,7	0,37	0,37	0,21	0,97
15	1,25	9,91	0,71	3,42	0,48	0,47	0,27	1,25
20	1,4	11,1	0,81	3,91	0,56	0,55	0,35	1,62
25	1,49	11,82	0,84	4,05	0,6	0,59	0,38	1,76
30	1,5	11,9	0,85	4,1	0,61	0,6	0,41	1,9
Начальный диаметр (мм)	36,01		34,97		62,12		77,95	
Время (сутки)	увеличение диаметра	Относительное увеличение диаметра (%)	увеличение диаметра	Относительное увеличение диаметра (%)	увеличение диаметра	Относительное увеличение диаметра (%)	увеличение диаметра	Относительное увеличение диаметра (%)
0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	0,12	0,34	0,09	0,24	0,06	0,10	0,04	0,13
10	0,20	0,54	0,15	0,43	0,11	0,17	0,07	0,22
15	0,26	0,71	0,21	0,59	0,16	0,25	0,10	0,32
20	0,30	0,83	0,25	0,71	0,19	0,31	0,13	0,39
25	0,34	0,94	0,29	0,81	0,22	0,36	0,16	0,46
30	0,36	1,00	0,30	0,86	0,25	0,40	0,18	0,52

Испытания в деталей в виде зубчатых колес (с начальной массой 20,73 г, наружным диаметром 36 мм), уплотнительных колец (с начальной массой 101,92 г, наружным диаметром 62 мм) на увеличение массы и размеров проводили в промышленной воде и в трансформаторном масле, заливаемом в электродвигатели погружных центробежных насосов.

$$\delta_m, \%$$

Результаты экспериментов представлены на Рисунках 1, 2 и 3. Анализ этих зависимостей показывает, что за 30 суток испытаний в промышленной воде из исследованных материалов наибольшее увеличение массы наблюдается у деталей из капрона (0,12%), а наименьшее у деталей из полиамида (0,60%).

Наибольшее увеличение размеров имело место у деталей из капрона (1,0%), а наименьшее у деталей из полиамида (0,40%).

Однако, следует отметить, что скорость набухания изделий в промышленной воде и масле для исследованных материалов различна, как и предельные значения относительного увеличения массы и размеров.

За 9 суток испытаний в трансформаторном масле наибольшее увеличение массы было у деталей из ПЭГМ (6,0%), а наименьшее из АТМ2 (0,58%).

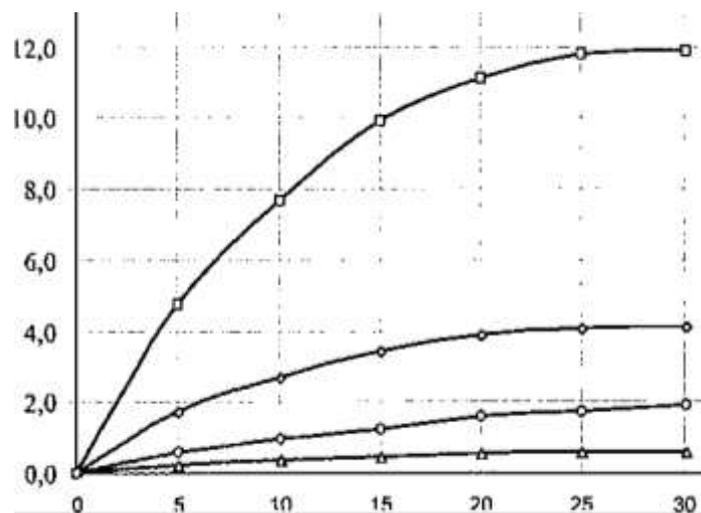


Рисунок 1. Экспериментальные данные зависимости относительного увеличения массы изделий в промышленной воде от времени

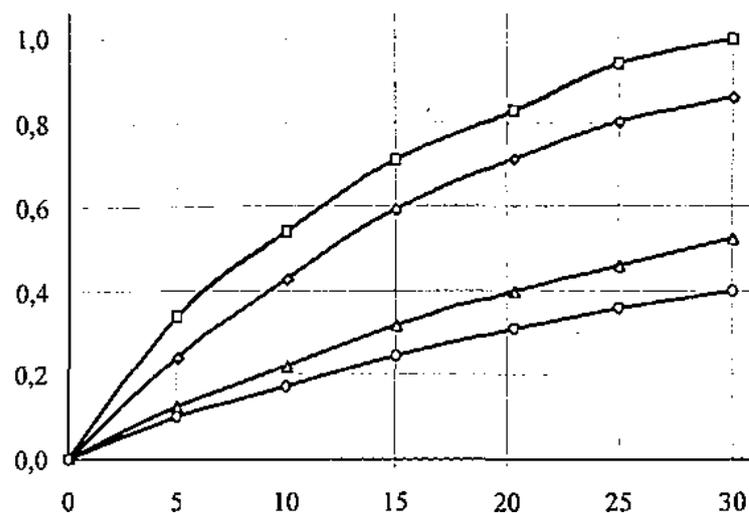


Рисунок 2. Экспериментальные данные зависимости относительного увеличения диаметра уплотнительных изделий от времени (в промышленной воде)

Обработка полученных экспериментальных данных по предложенной методике показала, что наиболее продолжителен процесс набухания у деталей из полиамида (95% δ_m

$\delta_{m \max}$ за 227 дней, при этом $\delta_{m \max} = 1,77\%$); наименее из АТМ-2 (29 дней), но больше всего подвержены набуханию детали из ПЭГМ (95% $\delta_{m \max}$ за 184 дня, при этом $\delta_{m \max} = 21,37\%$).

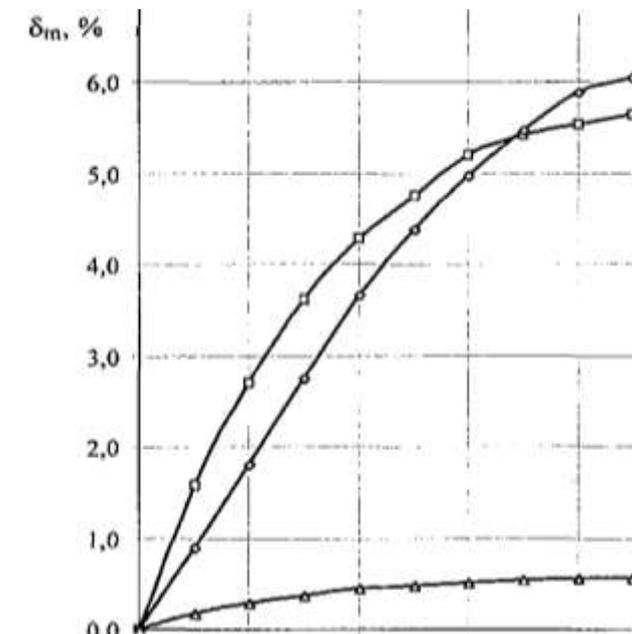


Рисунок 3. Экспериментальные данные зависимости относительного увеличения массы изделий в трансформаторном масле от времени

Дальнейшие экспериментальные исследования по набухаемости уплотнительных деталей из полимерных материалов и композиций на их основе в реальных условиях позволяет более целенаправленно подбирать состав композиционных материалов, прогнозировать их износ во времени и в целом повысить их работоспособность.

Список литературы:

1. Шрейбер Г. К., Шибряев Б. Ф., Полферов А. П., Перлин С. М. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. М.: Гостоптехиздат, 1962. 382 с.
2. Джураева Л. Р., Баракаев У. А. Определения набухания полимерные гидрогеля // Conferencea. 2022. С. 93-94.
3. Рагимов А. М., Азизов А. Г., Хейрабади Г. С. Исследование набухаемости деталей уплотнительных устройств из новых композиционных материалов в реальных условиях // Пластические массы. 2007. №5. С. 49-50. EDN IAJJNB.
4. Kusnierek K., Woznicki T., Treu A. Quality control of wood treated with citric acid and sorbitol using a handheld Raman spectrometer // Journal of Cleaner Production. 2024. V. 434. P. 139925.
5. Рахимова Н. А. и др. Полимерный материал с новыми свойствами на основе химически модифицированного полипропилена // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. №10. С. 76-78.
6. Longuetaud F., Mothe F., Vakhshieva M., Chubinskii A., Tambi A., Charpentier P., Bombardier V. Исследование процесса идентификации древесных пород по макроскопическим признакам с использованием компьютерной томографии // Izvestija Sankt-Peterburgskoj Lesotechničeskoj Akademii. 2013. №202. P. 158-167.

References:

1. Shreiber, G. K., Shibryaev, B. F., Polferov, A. P., & Perlin, S. M. (1962). *Konstruktsionnye materialy v neftyanoi, neftekhimicheskoi i gazovoi promyshlennosti*. Moscow. (in Russian).
2. Dzhuraeva, L. R., & Barakaev, U. A. (2022). *Opredeleniya nabukhaniya polimernye gidrogelya*. *Conferencea*, 93-94. (in Russian).
3. Ragimov, A. M., Azizov, A. G., & Kheirabadi, G. S. (2007). *Issledovanie nabukhaemosti detalei uplotnitel'nykh ustroystv iz novykh kompozitsionnykh materialov v real'nykh usloviyakh*. *Plasticheskie massy*, (5), 49-50. (in Russian).
4. Kusnierek, K., Woznicki, T., & Treu, A. (2024). *Quality control of wood treated with citric acid and sorbitol using a handheld Raman spectrometer*. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139925. (in Russian).
5. Rakhimova, N. A., Rakhimov, A. I., Zimina, Yu. A., Avilova, V. S., & Erenkov, D. K. (2017). *Polimernyi material s novymi svoistvami na osnove khimicheskoi modifitsirovannogo polipropilena*. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 20(10), 76-78. (in Russian).
6. Longuetaud, F., Mothe, F., Bakhshieva, M., Chubinskii, A., Tambi, A., Charpentier, P., & Bombardier, V. (2013). *Issledovanie protsessa identifikatsii drevesnykh porod po makroskopicheskim priznakam s ispol'zovaniem komp'yuternoi tomografii*. *Izvestija Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoi Akademii*, (202), 158-167. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 06.06.2024 г.*

*Принята к публикации
11.06.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Хейрабади Г., Мусави С. Набухаемость деталей уплотнительных устройств композиционных материалов // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №7. С. 381-386. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/40>

Cite as (APA):

Kheyrabadi, Q., & Musavi, S. (2024). *Swelling of Sealing Assemblies Parts Manufactured from Composite Materials*. *Bulletin of Science and Practice*, 10(7), 381-386. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/40>