

В. А. Седых, канд. техн. наук, проф.,
 С. Г. Тихомиров, д-р техн. наук, проф.,
 А. В. Карманов, канд. техн. наук, ассист, М. Н. Холобаев, асп.
 (ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТРУКЦИИ НАСЫЩЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

При внешних воздействиях на полимерные материалы происходит изменение их структуры вследствие протекающих процессов деструкции макромолекул, поперечных связей и образования новых функциональных групп. Деструкция с разрушением макроцепей, протекающая при снижении молекулярной массы полимера в результате внешних воздействий (механических, тепловых, химических, радиации и др.) является разновидностью реакций полимерных системах, которая может приводить к получению материалов с новыми свойствами и расширяет области их использования. При переработке полимеров процессом деструкции можно управлять: усиливать или подавлять, если известны закономерности и механизм процесса [1]. Для предсказания кинетических особенностей и закономерностей процесса под действием различных факторов необходимо создание математического аппарата. Имитационное моделирование процесса деструкции полимеров является одним из методов прогнозирования свойств эластомеров при получении регенератов из отработанных изделий [2].

Целью исследований явилось разработка программного продукта, позволяющего проводить расчеты параметров математической модели деструкции насыщенного каучука (на примере сшитого бутилкаучука) под действием различных внешних факторов (температуры, механического напряжения, ионизирующего излучения).

Для описания изменения свойств полимера под действием внешних воздействий использовали правило логарифмической аддитивности [3]. Так, для описания показателей основных свойств полимера (вязкости по Муни, условной прочности при растяжении, удлинении при разрыве) использовали зависимость:

$$Y_i(r) = A_i(S(r))^{Y_i}(M_r(r))^{B_i}, \quad (1)$$

где $Y(r) = \{M_h(r), F_p(r), \epsilon(r)\}$ – множество технологических параметров полимера, подвергнутого внешнему воздействию.

Параметром, характеризующим внешнее воздействие, является па-

параметр r (поглощенная доза и/или время термомеханообработки, температура механообработки). $S(r)$, $M_v(r)$ – плотность поперечных связей и средневязкостная молекулярная масса полимерной композиции, A_i , γ_i , β_i – константы ($i = 1, 3$), $M_h(r)$, $F_p(r)$, $\varepsilon(r)$ – вязкость по Муни, прочность на разрыв и относительное удлинение.

С применением языка программирования Python [4-5] разработано программное обеспечение процесса и осуществлена параметрическая идентификация полученных моделей с использованием экспериментальных данных и генетического алгоритма оптимизации.

На рисунках 1–2 представлены результаты расчетов по модели по исследуемым свойствам: вязкость по Муни и условная прочность при растяжении. Анализ зависимостей показал, что расчётные значения показателей практически совпадают с экспериментальными данными.

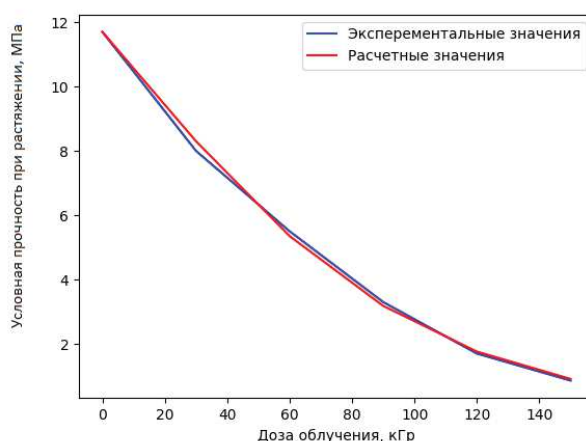


Рисунок 1 – Расчётные и экспериментальные зависимости изменения вязкости по Муни при облучении

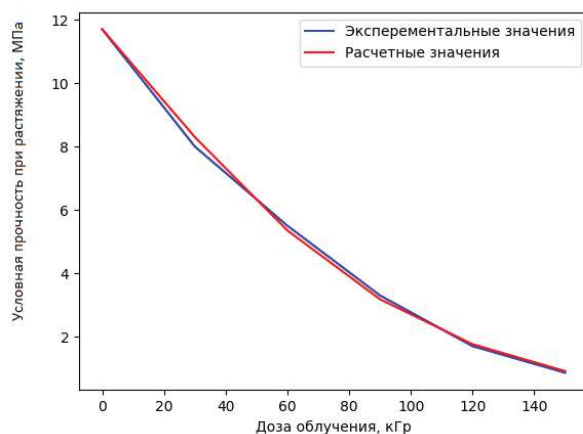


Рисунок 1 – Расчётные и экспериментальные зависимости изменения условной прочности при растяжении в ходе облучения

Разработанное специальное программное обеспечение может быть использовано при проведении научно-исследовательских работ, связан-

ных с изучением поведения полимеров при действии внешних воздействий, а процессов целенаправленной деструкции полимеров при разработке технологий регенерации отработанных полимерных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дискретное математическое описание процесса термоокислительной деструкции полимеров в растворе / В. К. Битюков, С. Г. Тихомиров, И. А. Хаустов [и др.] // Каучук и резина. – 2014. – № 6. – С. 44–47.
2. Методика имитационного моделирования радиационной обработки полимеров / С. А. Зайцев, С. Г. Тихомиров, А. П. Попов, Д. С. Карпович // Моделирование энергоинформационных процессов. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – С. 226–232.
3. Research into Kinetics of Radiation Destruction of Elastomers / S. G. Tikhomirov, O. V. Karmanova, S. L. Podvalny [et al.] // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – No. 2. – P. 9–17.
4. Python [Электронный ресурс] – URL: <https://www.python.org> (дата обращения: 04.12.2024).
5. SymPy [Электронный ресурс] – URL: <https://www.sympy.org> (дата обращения: 04.12.2024).

УДК 678

А. С. Зимина, асп.,

Ю. Н. Хакимуллин, д-р техн. наук, проф.

(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Российская Федерация)

РАЗРАБОТКА АНТИПИРИРУЮЩИХ СОСТАВОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕСТОЙКОСТЬЮ В РЕЗИНАХ НА ОСНОВЕ СИЛОКСАНОВОГО КАУЧУКА

Известно, что резины на основе силоксановых каучуков обладают высокой термостойкостью, но недостаточной огнестойкостью [1–3]. С целью повышения огнестойкости чаще всего применяют гидроксид алюминия. Однако достаточный антипирирующий эффект в силоксановых резинах гидроксид алюминия начинает проявлять только при добавлении более 100 мас. ч., что приводит к существенному снижению физико-механических показателей. Соответственно, нахождение добавок, которые позволят повысить эффективность гидроксида алюминия при снижении его содержания, является перспективным направлением. Была проведена работа по разработке рецептуры резиновой смеси на основе силоксанового каучука с целью повышения огнестойкости и снижения потери массы резины после горения с сохранением высокого уровня физико-механических свойств.