

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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКЦИИ НАСЫЩЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ

Получение новых материалов на основе регенерированных полимеров, прежде всего характеризующихся высокой стойкостью к внешним воздействиям и агрессивным средам является актуальной задачей. Одним из путей решения данной задачи является регенерация насыщенных полимеров, например, за счет целенаправленной деструкции их вулканизатов. Процессы получения регенерата характеризуются нестационарностью, нелинейностью и наличием неконтролируемых возмущений [1, 2]. Для эффективного управления этим процессом необходимо разработать модель процесса, которая должна учитывать кинетические, гидродинамические процессы, теплопередачу и изменение качества в процессе регенерации. Процесс регенерации полимеров путем управляемой деструкции можно осуществлять с использованием различных внешних воздействий, например, термо-механообработки, радиолиза или их комбинаций.

Цель исследований – разработка алгоритмического и структурного синтеза системы автоматизированного управления процессом деструкции насыщенных полимеров на примере получения бутилрегенерата. Для создания интеллектуальной производственной системы, обеспечивающей своевременность и точность расчета управляющих воздействий в зависимости от качества исходного сырья и заданных показателей качества готового продукта необходимо разработать математические модели отдельных стадий деструкции полимера.

Деструкция полимеров в процессе рассматриваемых стадий, протекает по закону случая и характеризуется нестационарностью. Математические модели стадий описываются системами дифференциальных уравнений, устанавливающие связь между технологическими параметрами процесса и качественными показателями обрабатываемого материала. Необходимо обеспечить достижение набора требуемых показателей качества получаемого регенерата: максимальной молекулярной массы, минимальной концентрацией поперечных связей в полимерной матрице, заданной вязкости и др. [3].

Для прогнозирования, контроля и управления процессом получения радиационного бутилового регенерата с заданными свойст-

вами получены математические описания зависимостей вязкости по Муни и параметров молекулярной структуры (средней молекулярной массы и концентрации поперечных связей) бутилрегенерата от величины поглощенной дозы (θ , кГр), продолжительности (t , мин) и условий термомеханообработки (T , К) [4]. Установлено, что получение заданных показателей качества и характеристик пространственной структуры полимера невозможно обеспечить при постоянных фиксированных значениях управляющих воздействий вектора $x = (\theta, T, t)$, поскольку полимерные композиции, являющиеся исходным сырьем для технологического процесса, характеризуются непостоянством структурных характеристик, а сам процесс подвержен воздействию неконтролируемых возмущений. Поэтому для решения задачи оптимального выбора управляющих воздействий выбрана многокритериальная оптимизация. Результаты многокритериальной оптимизации технологических параметров процесса двухступенчатой деструкции вулканизатов бутилкаучука приведены в таблице.

Таблица – Результаты многокритериальной оптимизации технологических параметров

M_h^z	Технологические параметры процесса		
	θ , кГр	T , К	t , мин
45	127,39	293,00	3
50	122,06	293,00	3
55	117,30	293,00	3
60	113,00	293,00	3
65	109,10	293,00	3
70	105,53	293,00	3

В ходе анализа результатов вычислительных экспериментов при различных комбинациях величин управляющих воздействий установлено, что для требуемой степени деструкции полимерной матрицы необходимо увеличить дозу радиационной обработки относительно значения, найденного при $M_h^z = 70$ ед., что обеспечит заданные параметры качества бутилового регенерата при минимальных продолжительности и температуре процесса термомеханообработки (таблица).

В соответствии со стадиями процесса получения бутилрегенерата в две стадии (облучение с последующей термомеханообработкой) и разработанным алгоритмическим обеспечением системы поддержки принятий решений (СППР), синтезирован алгоритм управления процессом, включающий следующую последовательность операций:

- выбор исходных значений показателей качества сырья, параметров технологического процесса, коэффициентов моделей физико-химических процессов;

- формирование вектора заданий, предъявляемых к показателям качества готового продукта;
- расчет значений вектора управляющих воздействий с применением разработанного алгоритмического обеспечения СППР;
- подача исходного сырья на радиационную обработку;
- проведение процесса радиолитиза до достижения требуемой поглощенной дозы;
- подача облученного сырья на механообработку;
- создание необходимого температурного и режима механообработки;
- оценка качества полученного материала по показателям вязкоупругих и физико-механических свойств;
- завершение процесса получения бутилрегенерата и вывод параметров качества.

С учетом особенностей функционирования процесса и полученных с использованием метода имитационного моделирования, можно сделать вывод, что по завершению двухстадийного процесса радиационной и термомеханической обработки вулканизатов на основе насыщенного полимера (бутилкаучука) необходимо получать бутиловый регенерат с заданной величиной вязкости по Муни, минимальной концентрацией поперечных связей при максимально возможном значении средней молекулярной массы полимерной матрицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подвальный С. Л. Информационные технологии и управление многоальтернативными системами. – Воронеж: Научная книга, 2014. – 207 с.
2. Барабанов В. Ф., Подвальный С. Л., Плахотнюк О. С. Многовариантное моделирование динамических систем эволюционного типа для управления в экстремальных ситуациях. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2007. – 152 с.
3. Solving the problem of optimizing the technical and economic parameters of the butyl reclaimed rubber production process with the specified quality indicators / S. G. Tikhomirov [et al.] // Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), 2020 – P. 550–556.
4. Estimating the effect of ionizing radiation on the viscoelastic properties of vulcanized butyl rubbers / S. L. Podval'nyi [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2019. – V. 83. – № 9. – P. 1125–1127.