

УДК 675.92.028.2

Д.С. Карпович, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г. Минск);
С.Г. Тихомиров, д-р техн. наук, проф.;
О.В. Карманова, д-р техн. наук, доц.;
А.А. Маслов, канд. техн. наук; Е.В. Линцова, асп.
(ВГУИТ, г. Воронеж)

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНО- ВРЕМЕННОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ВУЛКАНИЗАЦИИ

На сегодняшний день важным направлением для снижения себестоимости продукции производства резин заключается в снижении энергоемкости процесса вулканизации. Расчет продолжительности режимов вулканизации основан на надежных методах оценки степени вулканизации многослойных резиновых изделий, например, автомобильных шин. Расчетные методы наиболее эффективные и экономически выгодные, так как учитывают кинетику вулканизации и современные теоретические представления о теплопереносе. Поэтапные действия расчета степени вулканизации многокомпонентных изделий в зависимости от теплофизических характеристик каждого слоя, зависящих от температуры среды, дают возможность подбора оптимального температурно-временного режима технологического процесса.

За последние десятилетия создано большое количество инструментальных методов оценки степени структурирования. Повышаются знания в области прикладных и теоретических описаний процессов структурирования полимерных композиций за счет разработки и внедрения интеллектуальных систем поддержки принятия решений управления технологических процессов [1].

Анализ процесса вулканизации с точки зрения управления показал, что управляющими воздействиями могут быть такие параметры как температура и продолжительность процесса. На рисунке 1 представлена обобщенная схема алгоритма расчёта температурно-временного режима процесса.

Численное моделирование процесса неизотермической вулканизации на примере многокомпонентного изделия, проводится в два этапа: 1 - рассчитывается температурное поле определенной геометрической формы модельного образца; 2 - расчёт степени завершенности процесса по всем сечениям объёма изделия. В основе расчетов положены математические модели, описанные в работе [2]. Для проверки работоспособности предложенного алгоритма использовали набор экспериментальных данных реальных составов.



Рисунок 1 – Схема алгоритма расчёта управляющих воздействий

В таблице 1 представлены исходные данные состава полимерной композиции для расчета температурно-временного режима процесса вулканизации согласно предложенному алгоритму. Расчет проводился при температуре 423 К.

Таблица - Исходные данные

№	Начальная концентрация реагента	Обозначение	Размерность	Значение	
1.	Действительный агент вулканизации	C_A	[моль/кг]	0,001904	
2.	Каучук	C_{R0}	[моль/кг]	0,003453	
Параметры расчёта констант скоростей реакций					
3.	Пред экспоненциальные множители и энергии активации по стадиям элементарных реакций	k_{01}	$6,379 \cdot 10^{10}$	E_1	$1,163 \cdot 10^5$
		k_{02}	$1,282 \cdot 10^{11}$	E_2	$1,083 \cdot 10^5$
		k_{03}	$1,941 \cdot 10^{-8}$	E_3	$9,915 \cdot 10^4$
		k_{04}	$1,294 \cdot 10^{11}$	E_4	$1,079 \cdot 10^5$
		k_{05}	$6,411 \cdot 10^{-9}$	E_5	$1,177 \cdot 10^5$
		k_{06}	$2,558 \cdot 10^{-9}$	E_6	$1,081 \cdot 10^5$
		k_{07}	$9,002 \cdot 10^{10}$	E_7	$1,082 \cdot 10^5$
		k_{08}	$3,207 \cdot 10^{11}$	E_8	$1,113 \cdot 10^5$
		k_{09}	$6,383 \cdot 10^{10}$	E_9	$1,059 \cdot 10^5$

Результаты программной реализации алгоритма представлены на рисунке 2. На рисунке 3 изображен график поверхности степени завершенности процесса по сечениям в изделии.

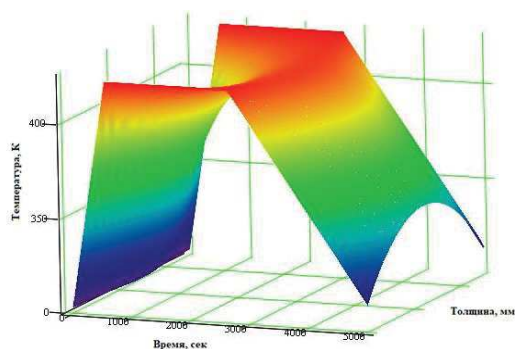


Рисунок 2 – Объемный график изменения температуры

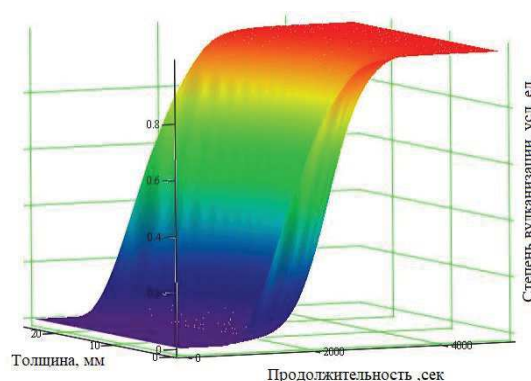


Рисунок 3 – Объемный график изменения степени вулканизации во времени

Предложенный алгоритм позволяет уже на стадии проектирования оценивать технологические возможности и формировать рекомендации по определению оптимальных температурно-временных режимов вулканизации для многокомпонентных изделий сложной конфигурации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, С.Г. Математическое моделирование процесса вулканизации многокомпонентных изделий при неизотермическом режиме / С.Г. Тихомиров, О.В. Карманова, А.А. Маслов. Сборник статей VIII национальной научно-практической конференции с международным участием «Моделирование энергоинформационных процессов». 2020. С. 338-342.

2. Тихомиров, С.Г. Методика расчета оптимального времени вулканизации резиновых смесей / С.Г. Тихомиров, О.В. Карманова, А.А. Маслов, И.А. Хаустов. Сборник научных трудов XXVIII Международного симпозиума «Проблемы шин, РТИ и эластомерных композитов». ООО Научно-производственный коммерческий центр «ВЕСКОМ» (Москва), 2018. С. 258 – 264.