

УДК 519.7.007.004.2

## АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Фурса О. А., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю.

### THE ALGORITHM SIMULATION SOFTWARE TO AUTOMATE THE CALCULATION OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS

Fursa O.A., Cherneckiy E.V., Oleynuk O.Y.

*Решение задач построения АСУ ТП при помощи программных средств моделирования на производствах резинотехнических изделий.*

**Ключевые слова:** АСУ ТП, точность измерения, выбор средств измерения, измельченный вулканизат, модификация, композит.

**1. Введение.** Стремительное развитие программирования и вычислительной техники расширяет спектр применения SCADA-систем проектирования. В настоящее время, благодаря развитию этой отрасли, можно моделировать сложные химические процессы. Подбор и обоснование методов автоматического контроля и управления при построении АСУ ТП это один из вариантов применения программ для моделирования процессов. Использование данных средств, дает возможность оценить влияющие факторы с учетом особенности протекания химических процессов. Что, позволяет правильно выбрать регулируемые параметры и регулирующие воздействия.

Использование описанного метода не ограничивается параметрами материальных потоков. При помощи алгоритма, можно оценить влияние точности определения параметров процесса на качество конечного продукта. Оценить отклонение параметров технологического процесса можно в двух режимах, при этом получаем зависимости качества конечного продукта от заданного диапазона отклонений входных параметров.

Применение новых методов проектирования АСУ ТП позволяет оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем, оценить влияние входных величин на качество конечного продукта, на стадии проектирования определить точности измерения технологических

параметров химических процессов, что повышает качество конечного продукта.

Поэтому исследование возможности применения алгоритма для эластомерных композиций является актуальной и перспективной задачей.

**2. Анализ последних исследований и публикаций.** Компьютеры и информационно-коммуникационные технологии являются мощным инструментом повышения эффективности труда практически в любой сфере деятельности человека. Интерес к компьютерным технологиям, как со стороны отдельного специалиста, так и всей отрасли в целом позволяет этой отрасли очень быстро развиваться и совершенствоваться(1).

Одним из широко применяемых в настоящее время методов рециклинга изношенных шин и резино-технических изделий является их измельчение и последующее использование продуктов измельчения в различных областях [6-8].

Одним из перспективных направлений использования продуктов измельчения резиновых изделий является создание композиционных эластомерных материалов, содержащих измельченный вулканизат (ИВ) [6-10].

Известно[6], что частицы измельченного вулканизата представляют собой ядро с поверхностным слоем, а для увеличения площади контакта между эластомерной матрицей и ИВ необходимо увеличивать площадь поверхностного контакта[7-9].

**3. Материалы и результаты исследования.** Технологический процесс изготовления эластомерных композиций предусматривает повторное использование изделий [8], по окончании срока службы изношенные изделия подвергаются рециклингу – измельчению. Продукты измельчения затем повторно используются при производстве продукции. Исходя из этого, для исследования

выбран ИВ с размером частиц до 5 мм, полученный измельчением как эластичных дорнов, так и отбракованных резиновых изделий. Измельченный вулканизат, который использовали в работе соответствовал ТУ У 6-25521987.010.2000 и ТУУ25.1-34019297-002:2010.

Основываясь на ранее полученных результатах [7-9], измельченный вулканизат первоначально обрабатывали. Обработка поверхности позволяет повысить энергию разрыва вулканизатов, что может свидетельствовать об усилении уровня межфазного взаимодействия на границе раздела эластомерная матрица – измельченный вулканизат.

Для автоматизации систем управления, моделирование процесса производства пока единственный, практически доступный метод оценки управляющих алгоритмов и структурных схем управления.

Решая задачи построения АСУ ТП для резино-технических производств необходимо использовать программные продукты правильной направленности, поэтому была выбрана программа ChemCAD, которая позволяет добиться удовлетворительного совпадения результатов расчетов с данными промышленных экспериментов. Это дает возможность решать как задачи определение влияния того или иного параметра на конечный продукт так и повысить эффективность действующих производств, определяя оптимальные параметры процессов в отдельных аппаратах с позиции всего производства в целом.

Исследовали влияние входных параметров по следующему алгоритму работы:

1. Составили технологическую схему производства с указанием всех аппаратов и материальных потоков;

2. Определили критерии характеризующие качество протекание процесса и конечного продукта;

3. Определили номинальные значения входных параметров и показатели качества;

4. Последовательным изменением каждого входного параметра на одну и ту же относительную величину, как в большую, так и в меньшую сторону, определили изменение показателей качества;

5. На основании полученных результатов определили весовые коэффициенты влияния для каждого входного параметра и выбрали регулирующие воздействия;

6. В соответствии с выбранными регулируемыми воздействиями смоделировали изменение параметра в заданном диапазоне для получения динамических характеристик объекта и выбора параметров регулятора.

В результате проведенного анализа выберем регулирующие воздействия и параметры регуляторов. Зная, что если весовой коэффициент близок к нулевому значению, то изменение этого параметра на заданную величину практически не приведет к изменению параметров,

характеризующих качество процесса и тогда выбирать этот параметр управляющим бессмысленно.

#### 4. Экспериментальная часть

Экспериментально предложенный метод можно рассмотреть на примере получения композита эластомерная матрица – измельченный вулканизат.

Известно [7], что частицы измельченного вулканизата представляют собой ядро с поверхностным слоем, а для увеличения площади контакта между эластомерной матрицей и ИВ необходимо увеличивать площадь поверхностного контакта [8,9]. Последнее достигается

использованием веществ, которые изменяют поверхностную активность композиции [6,7]. В качестве таких веществ могут быть использованы различные смолы и композиты на их основе. [7-10].

Благодаря поверхностным свойствам эти олигомеры способствуют пластификации поверхностного слоя ИВ и увеличивают его активность, улучшается затекание эластомера в трещины и поры частиц ИВ за счет капиллярных явлений. В случае наличия дисульфидных связей и свободных метилольных групп обеспечивается образование дополнительно активных групп на поверхности вулканизата и активация процесса регенерации. Это в свою очередь приводит к образованию благоприятных условий для совмещения ИВ с эластомерной матрицей по известной схеме [9].

Обработку проводили 5% водными растворами, содержащими моно-, ди- и триэтанолламины при различных условиях: при 25°C, при 100°C и давлении 0,1 МПа, а также при повышенном давлении до 0,3 МПа. После первой стадии и сушки в естественных условиях, обработанный растворами ИВ дорабатывали на валковом оборудовании с использованием ранее изученного аминифенольного композита АФК [7-9].

При выполнении моделирования процесса получения композиционного материала ИВ - модификатор необходимо определить какие технологические параметры необходимо регулировать, и какие при этом выбирать регулирующие воздействия. Другими словами, данный программный продукт позволяет определить в какой степени изменение того или иного технологического параметра повлияет на качество конечного продукта.

В процессе исследования рассмотрели изменение следующие входных параметров:  $X_{1,2}$  – смоляная добавка,  $X_{3,4,5}$  – раствор амина,  $X_6$  – смесь,  $X_7$  – ИВ,  $C_1$  – концентрация амина. Для того, чтобы выяснить влияние того или иного параметра на конечный продукт, будем задавать 10% отклонение каждого параметра, как в положительную, так и в отрицательную сторону.

В качестве показателей качества конечного продукта будем рассматривать соотношение ИВ( $C_{ИВ}$ ) и модифицирующей добавки ( $C_{МД}$ ) в

конечном продукте выраженное в долях, а также суммарный выход продукта ( $\Sigma W$ ) выраженный в килограммах.

Для получения весовых коэффициентов влияния мы стабилизируем все входные параметры и задаем отклонение только одного (исследуемого параметра), после чего оцениваем качество продукта на выходе. В результате моделирования были получены экспериментальные данные, которые представлены в (табл. 1).

Для приведения результатов исследования к единому формату, выразим отклонение выходных параметров, так же как и входных в относительных единицах (проценты от номинального значения). Результаты приведения представлены в (табл. 2).

По результатам, представленным в табл. 2, можно сказать, что изменение одних параметров в большей степени влияет на качество конечного продукта нежели изменение других параметров. Так, например, изменение расхода  $X_7$  на 10% ухудшает качество конечного продукта более чем на 20%. При этом изменение расхода  $X_6$  практически не влияет на качество конечного продукта. Данная

закономерность говорит о том, что для измерения расхода  $X_7$  необходимо применять более точные средства измерения, а для расхода  $X_6$  менее точные или установить технологическое оборудование, которое будет обеспечивать заданное постоянство расхода  $X_6$ .

Исходя из предложенного метода, для того чтобы определить требования к точности измерения того или иного входного параметра необходимо выяснить требования, которые регламентируют допустимые отклонения показателей качества конечного продукта и при помощи описанного выше алгоритма рассчитать какое максимальное отклонение входного параметра не вызовет ухудшение параметров качества выходного продукта.

В результате проведенных исследований мы сможем с высокой степенью достоверности сформулировать требования к точности измерения регулируемых параметров и выбрать регулирующие воздействия.

Таблица 1

## Оценка качества продукта

Входные параметры	$X_{1,2}$			$X_{3,4,5}$			$X_6$			$X_7$			$C_1$		
	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%
Значение параметра	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%
Показатель качества	0,520	0,578	0,636	6,500	7,000	8,425	25,520	28,137	30,351	20,400	12	13,200	0,540	0,600	0,660
Содержание измельченного вулканизата, $C_{ив}$	0,808	0,8	0,8	0,908	0,8	0,899	0,900	0,9	0,900	0,800	0,9	0,803	0,850	0,9	0,89
Концентрация модификата, $C_{мд}$	0,192	0,2	0,2	0,092	0,2	0,101	0,100	0,1	0,100	0,200	0,1	0,197	0,150	0,1	0,1
Выход продукта, $\Sigma W$	6,640	6,594	6,594	6,676	6,596	6,592	6,596	6,596	6,596	6,803	6,596	6,497	6,640	6,596	6,596

Таблица 2

## Результаты приведения

Входные параметры	$X_{1,2}$		$X_{3,4,5}$		$X_6$		$X_7$		$C_1$	
	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%
Значение параметра	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%
Содержание измельченного вулканизата, $C_{ив}$	-0,963	0	-0,968	0,200	0,001	0	1,080	-0,105	-0,963	0
Концентрация модификата, $C_{мд}$	7,792	0	7,802	-1,019	0,001	0	-12,200	5,027	7,792	0
Выход продукта, $\Sigma W$	2,489	0	3,376	-0,200	0	-0,001	9,803	-4,457	2,489	0

**5. Выводы.** При использовании данного алгоритма проектирования главным является правильное построение технологической схемы и определения регулируемых параметров (параметров которые мы можем изменять в ходе технологического процесса). И данную задачу можно спокойно разделять для специалистов разных отраслей, то есть технологи занимаются построением правильных технологических схем, специалисты по автоматизации правильно выбирают регулируемые параметры и регулирующие воздействия, а так же формируют требования к точности измерений.

Использование данного метода не ограничивается параметрами материальных потоков (расход, концентрация). При помощи данного алгоритма можно оценивать влияние точности определения параметров протекания химического процесса (температура, давление, уровень, время протекания реакции и т.п.) на качество конечного продукта. Оценивать отклонение параметров технологического процесса можно не только в статическом, но и в динамическом режиме, при этом мы сразу будем получать зависимости параметров конечного продукта от заданного диапазона отклонений входных параметров.

Применение предложенного метода построения АСУ ТП позволяет получить достоверную информацию на стадии проектирования и соответственно построить оптимальную систему управления. Что в свою очередь позволит оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем и повысить качество производства.

#### Литература

1. Дьяконов В. MathCAD 2001: специальный справочник / В.Дьяконов. - СПб.: Питер, 2006. - 832с.
2. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. В. Шандров. - Москва, Издательский центр «Академия», 2007.
3. Ицкович Э. Л., Методы рациональной автоматизации производства / Э. Л. Ицкович. Инфра-Инженерия.: 2008.- 240 стр.
4. Рульянов А., Беркут А., Системы автоматического контроля технологических параметров / А. Рульнов.: Издательство Ассоциации строительных вузов 2005.- 144 стр.
5. Мирошник И., Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы / И. Мирошник. Учебное пособие.: Питер, 2006.- 272 стр.
6. Трофимова Г.М., Новиков Д.Д., Компаниец Л.В. и др. Модификация резиновой крошки // Высокомолекулярные соединения. – Серия А. – 2003. – Т.46, №6. – С.912-920.
7. Грицак О.А., Захаров Ю.И., Ващенко Ю.М. Влияние способов обработки измельченного вулканизата на свойства эластомерных композиций // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – №6. – С.46-50.
8. Голуб Л.С., Грицак О.О., Ніколенко М.В., Хомюк В.І., Ващенко Ю.М. Ефективність застосування подрібненого вулканізату в еластомерних композиціях з урахуванням адсорбції модифікуючих речовин на його поверхні // Вопросы химии и химической технологии. – 2011. – №1. – С.93-96.
9. Полімерні суміші та композити / Євдокименко Н.М., Бурмістр М.В., Ващенко Ю.М., Котов Ю.Л. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2003. – С.92-94.
10. Керча Ю.Ю. Структурно-химическая модификация эластомеров / Ю.Ю. Керча, З.В.Онищенко, В.С. Кутянина, Л.А. Шелковникова // Киев: Наукова думка, 1986 – 232с.

#### References

1. Dyakonov V. MathCAD 2001: A special handbook / V.Dyakonov. - CP6 .: Peter, 2006. - p832.
2. Shandrov B.V. Means of automation: the textbook for students of higher educational institutions / B.V. Shandrov. - Moscow, The publishing center "Academy", 2007.
3. Itskovich E.L. , Rational methods of production automation / E.L. Itskovich . Infra- Engineering .: 2008.- 240 p.
4. Rulyanov A. Berkut A. Automatic control of technological parameters / A. Rulyanov .: Publishing Association building universities , 2005. -144 p.
5. Miroshnik I. The theory of automatic control. Non-linear and optimal systems / I. Miroshnik. Textbook .: Peter , 2006.- 272 p.
6. Trofimova G.M., Novikov D.D., Kompaniets L.V. et al. Modification of crumb rubber // High-molecular connections. - Series A - 2003 - T.46, №6. - p.912-920.
7. Gritsak O.A, Zakharov Y.I., Vaschenko Y. N/ Effect of processing methods on the properties of crushed vulcanizate elastomer compositions // Questions of chemistry and chemical technology. - 2008. - №6. - p.46-50.
8. Golub L.S., Gritsak O.A., Nikolenko N.V., Khomyuk V.I., Vaschenko Y.N. Efficacy of crushed vulkanizotov in elastomeric compositions based adsorption modifying substances on the surface // Questions of chemistry and chemical technology . - 2011. - №1. - p.93-96 .
9. Polymer blends and composites / Yevdokymenko N.M., Burmistr M.V. , Vashchenko Y.N., Kotov Y.L. - Dnepropetrovsk : UDHTU , 2003. - p.92-94 .
10. Kercha Y.Y. Structural and chemical modification of elastomers / Y.Y. Kercha, Z.V.Onischenko , V.S. Kutyanina , L.A. Shelkovnikova // Naukova Dumka, 1986 – 232p .

#### Фурса О. А., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю. Алгоритм программного моделирования для автоматизированного расчета эластомерных композиций

*Стрімкий розвиток програмування та обчислювальної техніки розширює спектр застосування SCADA-систем проектування. В наш час, завдяки розвитку цієї галузі, можна змодельовати складні хімічні процеси. Підбір та обґрунтування методів автоматичного контролю та управління при побудові АСК ТП це один з варіантів використання програм для моделювання процесів. Використання даних засобів, дає змогу оцінити впливаючі фактори з урахуванням особливостей протікання хімічних процесів. Що дозволяє правильно обрати регульовані параметри та регулюючі впливи. За допомогою*

алгоритма, можна оцінити вплив точності визначення параметрів процесу на якість кінцевого продукту. Визначити відхилення параметрів технологічного процесу можна в двох режимах, при цьому отримуємо залежність якості кінцевого продукту від заданого діапазону відхилень вхідних параметрів.

Застосування нових методів проектування АСК ТП дозволяє оптимізувати витрати на складання контрольно вимірювальних систем, оцінити вплив вхідних величин на якість кінцевого продукту, на стадії проектування визначити точність вимірів технологічних параметрів хімічних процесів, що підвищує якість кінцевого продукту.

Дослідження можливості застосування алгоритма для еластомерних композицій є актуальною та перспективною задачею.

**Ключові слова:** АСК ТП, точність виміру, вибір засобів вимірювання, подрібнений вулканізатор, модифікація, композит.

**Fursa O. A., Cherneckiy E.V., Oleyuk O.Y.. The algorithm simulation software to automate the calculation of elastomeric compositions**

*The rapid development of programming and computer technology extends the range of use of SCADA-systems design. At the present time, thanks to the development of this industry, it is possible to simulate the complex chemical processes. Selection and justification of the methods of automatic control in building automation systems is one of the applications software for process modeling. Using these tools allows you to evaluate the influencing factors, taking into account characteristics of chemical processes. What allows to choose the adjustable parameters and regulatory impact.*

*Using the described method is not limited to the parameters of the material flow. Using the algorithm, it is possible to estimate the accuracy of determining the influence of process variables on the quality of the final product. Rate deviation of process parameters can be in two modes to yield depending on the quality of the final product from a given variation range of input parameters.*

*Application of new methods of design automation systems to optimize the costs of creating a control measurement systems to assess the impact of input variables on the quality of the final product at the design stage to determine the accuracy of the measurement of process parameters of chemical processes, which increases the quality of the final product.*

*Therefore, to investigate the possibility of applying the algorithm to the elastomer compositions is relevant and promising task.*

**Key words:** APCS, accuracy of measurement, choice of measurement tools, crushed vulcanizate modification, composite.

**Фурса Ольга Олександрівна** – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м. Дніпропетровськ, Україна.

*Рецензент:* **Суворін О. В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 18.01.2015