

О Т З Ы В

Официального оппонента доктора технических наук профессора Темкина Игоря Олеговича
на диссертацию Кузнецова Андрея Сергеевича

«Алгоритмическо-информационное обеспечение системного анализа автоматизированных химико-технологических процессов структурирования многокомпонентных эластомерных композитов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология)

1. Актуальность темы диссертации.

В сегодняшнем мире эластомеры применяются практически во всех отраслях промышленности. Объемы производства измеряются десятками миллионов тонн, а объемы продаж – сотнями миллиардов долларов. При этом, требования к уровню свойств изделий из эластомеров все более ужесточаются. Следует подчеркнуть, что современное промышленное производство изделий из эластомеров – сложный многостадийный процесс, а для получения кондиционных изделий с требуемым набором свойств необходимо четкое соблюдение последовательности и параметров всех подготовительных операций и технологических стадий резинового производства.

В настоящее время большинство изделий из эластомерных материалов получают в процессе структурирования, что представляет собой химический процесс пространственного сшивания и технологический процесс создания готового изделия из эластомеров. Производственные процессы включают в себя: подготовку каучука и ингредиентов; их развеску; собственно, процесс смешения каучука с ингредиентами, приводящий к образованию промежуточного продукта – сырой резиновой смеси, полуфабриката; процесс структурирования; а также контроль и управление процессами смешения и структурирования эластомерных композитов на этапе резиновой смеси и готового изделия.

Большое разнообразие составов резиновых смесей, которое насчитывает до полутора тысячи рецептур, а также индивидуальные для каждого полуфабриката параметры переработки в изделия, позволяют сделать вывод, что задача принятия решений по рациональному управлению и контролю процессов смешения и структурирования эластомерных композитов является крайне сложной. Для ее решения необходимо предоставление наиболее полных сведений о процессах, что диктует необходимость объединения всей доступной информации в информационную базу данных

Известно, что повышению качества готового продукта способствует применение специальных методов контроля и управления процессами смешения и структурирования, опирающихся на системный анализ производственных процессов, их детальное вербальное и математическое описание, а также информационное обеспечение принятия решений при контроле процессов смешения и вулканизации на основе анализа реограмм состояния и информационных баз данных.

Таким образом, решаемые в диссертационной работе задачи, связанные с разработкой математического и функционального описания процессов смешения и структурирования эластомерных композитов на основе анализа реометрических кривых; с разработкой специального алгоритмического и программного обеспечения для расчета основных параметров моделей реограмм состояния эластомерных композитов на основе

экспериментальных данных, а также с созданием методики построения базы данных реограмм состояния и принципов организации интеллектуальной базы знаний для управления процессами структурирования эластомерных являются актуальными и имеют самостоятельное научное значение.

2. Общая характеристика работы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, изложены научная новизна и практическая ценность результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведены структура диссертации и перечень вопросов, рассматриваемых в главах и приложениях.

В первой главе приведен развернутый обзор литературных источников. Рассматривается технология производства продукции из эластомерных композитов, который представляет собой сложную многокомпонентную систему. Описана химико-технологическая система производства изделий из эластомеров, обеспечивающая последовательное превращение каучука и ингредиентов в полуфабрикат и потом в готовый продукт.

Представлена схема реализации системного подхода к управлению полным циклом разработка – производство – дистрибуция продукции из эластомерных композитов.

Подробно описывается основной метод, используемый для контролирования процесса и оценки вулканизационной способности эластомерных композитов, а именно – метод вибрационной реометрии. Рассмотрена физическая сущность метода, приведены стандарты на испытания образцов и характеристики реометрических кривых трех типов. Проведен анализ этих кривых и обозначены основные точки управления на реометрической кривой. Представлены формулы для расчета основных вулканизационных характеристик процессов структурирования. Показаны возможности использования результатов реометрических испытаний, позволяющие более полно охарактеризовать и прогнозировать технологические свойства резиновых смесей и свойства изделий. Показано, что реометр можно рассматривать как объект физического моделирования при описании процессов структурирования эластомерных композитов. Проведен анализ современных научных исследований в области создания тренажерно-обучающих комплексов по управлению сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.

В соответствии с целью работы и на основании выводов, сделанных в результате анализа литературы, сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены различные математические модели описания реограмм состояния, параметры которых могут быть выражены через вулканизационные характеристики. Предложена формализация дифференциальной кривой скорости процесса структурирования эластомерных композитов как функции распределения независимых случайных величин. Также показано, что могут быть вычислены статистические моменты распределения, которые предлагается использовать в качестве информационных индикаторов.

Далее отмечается, что построение интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении сложным многостадийным процессом, в котором используются сотни различных экспериментальных параметров в сочетании с экспертными эвристиками

невозможно без функционально-структурного моделирования информационных процессов этой сложной химико-технологической системы.

На основе декомпозиции функционально-технологической модели построен ряд информационных моделей, в том числе для оценки качества резиновой смеси и контроля готового изделия и выявления брака, что позволило формализовать управление процессом на основе регламентирующих документов, представленных картой смеси и паспортом смеси.

Построение информационных моделей для процессов смешения, структурирования и контроля производства изделий из эластомеров необходимо для объединения производственных процессов в единую информационную систему для принятия решений и определения участка, на котором производится корректировка процессов.

Приведена функциональная диаграмма процедуры принятия решений на производстве изделий из эластомерных композитов.

В третьей главе обсуждается архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в процессе структурирования эластомерных композитов с использованием экспериментальной и экспертной информации. Анализируются различные варианты моделей представления знаний при построении подобной системы и делается выбор в пользу производственных моделей. Представлены архитектура производственной системы управления и основные типы регуляторов, применяемых в управлении процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.

Приведено описание основного современного прибора аналитического типа – прибора анализатора перерабатываемости резин RPA-2000, используемого в управлении процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Показано, что данный прибор является неотъемлемой частью интеллектуальной системы управления сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Предложено построение схемы автоматического управления технологическим процессом структурирования эластомерных композитов на основе производственной модели управления.

На основе разработанных ранее информационных моделей по описанию процессов структурирования эластомерных композитов была разработана концептуальная модель структуры объединенной информационной базы для централизованного хранения географических данных. При проектировании структуры базы данных была сформирована реляционная модель данных в нотации IDEF1X, а в процессе построения конкретной базы было использовано более двухсот реограмм состояний многокомпонентных эластомерных композитов.

Также в данной главе представлены результаты разработки комплекса производственных правил для системы управления технологическим процессом структурирования эластомерных композитов. Построено дерево решений по управлению процессами структурирования эластомерных композитов на основе анализа отклонения основных рецептурно-технологических факторов процесса от нормальных значений.

На основе анализа технологических процессов смешения и структурирования эластомерных композитов было разработано информационное обеспечение системы управления химико-технологическими процессами смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Система содержит ряд подсистем, в число которых, кроме подсистемы поддержки управленческих решений, входят подсистемы

работы с документами. Так, подсистема нормативной документации, содержит информацию о нормативных характеристиках эластомерных композитов и показателях химико-технологических процессов их переработки. Подсистема документов для лиц, принимающих решения (ЛПР) содержит формы основных отчетных документов по испытаниям эластомерных композитов и перечень получателей данной информации.

Подсистема поддержки принятия управленческих решений содержит блок визуализации реограмм состояния, базу данных реограмм, блок математических моделей и блок подготовки управленческих решений на основе производственных моделей.

Данные виброреометрических испытаний, а также данные, получаемые от автоматической системы регулирования, представляют собой важную часть технологической информации по этим процессам и являются решающими факторами для принятия решений по оперативному управлению сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.

В четвертой главе рассмотрен ряд задач по анализу эффективности химико-технологических процессов структурирования эластомерных композитов с использованием интеллектуальной автоматизированной системы и результатов математической обработки реограмм состояния.

На основе анализа реограмм состояния было предложено помимо использования безразмерной степени вулканизации β проводить модификацию координатных осей.

При определенной модификации осей координат, построение графических зависимостей для ряда характеристик, таких как: момент накопления, момент потерь, тангенс фазового угла и их производных, дает возможность проследить тенденции их изменения во времени. Приводятся различные приемы визуализации реограмм состояния в обобщенных координатах.

Получены основные соотношения между параметрами используемых математических моделей и количественными характеристиками сложных химико-технологических процессов структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Дано графическое представление зависимостей основных количественных характеристик процесса структурирования эластомерных композитов от уровней рецептурно-технологических факторов.

В заключении обобщены полученные в процессе диссертационного исследования научные и практические результаты.

Содержание автореферата соответствует диссертации, а оформление – Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». М.: Стандартинформ, 2012, а также приказу Министерства образования и науки РФ от 9 декабря 2014 г. № 1560 «О внесении изменений в Положение о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 января 2014 г. № 7». В целом, представленные материалы диссертационной работы позволяют оценить объем, сложность и актуальность проведенного исследования.

3. Научная новизна.

Научная новизна полученных диссертантом результатов и их научная значимость заключаются в том, что:

- ✓ Разработаны математические модели реограмм состояния эластомерных композитов, учитывающие зависимость момента сопротивления материала деформирования от времени, как функции распределения независимых случайных величин.
- ✓ На основе системного анализа построен комплекс функционально структурных моделей для описания процессов смешивания и структурирования эластомерных композитов, в которых реограммы состояния выступают в качестве элемента в системе интеллектуального контроля и управления соответствующими технологическими процессами.
- ✓ По данным анализа реометрической информации установлены количественные соотношения между параметрами используемых математических моделей и вулканизационными характеристиками, используемыми в технологии структурирования эластомерных композитов, что в отличие от использованных ранее математических моделей, позволяет давать содержательную интерпретацию коэффициентам математических моделей на основе физико-химических представлений и подходов.
- ✓ Разработан оригинальный подход к построению базы данных реограмм состояния эластомерных композитов, который заключается в формировании базы с использованием экспериментальных данных и экспертно-аналитической информации, ориентированной на применение для поддержки принятия решений при управлении процессами структурирования.
- ✓ Разработана архитектура базы знаний для управления химико-технологическими процессами структурирования эластомерных композитов, на основе данных анализа реографической информации, отличающаяся от существующих информационных баз тем, что в ней помимо стандартных вулканизационных характеристик хранятся и используются параметры описывающих их математических моделей.

4. Практическая значимость.

На основе обобщения проведенных исследований реализовано информационное и алгоритмическое обеспечение для операций управления и контроля процессов смешения и структурирования эластомерных композитов.

Методики и алгоритмы построения информационного обеспечения системы управления технологическим процессом структурирования эластомерных композитов реализованы в учебном процессе кафедр «Химии и технологии переработки эластомеров» и «Информационные системы в химической технологии» Московского технологического университета при чтении спецкурсов для магистрантов и аспирантов. Интеллектуальная автоматизированная система управления химико-технологическими процессами структурирования эластомерных композитов применялась для обучения работников химической отрасли на курсах повышения квалификации в Государственном институте повышения квалификации и профессиональной переподготовке специалистов химической, микробиологической и медицинской промышленности МИТХТ им. М.В. Ломоносова.

5. Достоверность полученных результатов.

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов гарантируется строгостью используемого математического аппарата и подтверждается сравнением

результатов, полученных с использованием статистических методов обработки реальных экспериментальных данных и вычислительных моделей. Сформулированные в работе допущения обоснованы как путем их содержательного системного анализа, так и методами математического моделирования. Результаты диссертационной работы согласуются с известными результатами других авторов.

6. Замечания по диссертационной работе.

- 1) В главе 1 (стр. 23 диссертации) говорится о реализации системного подхода к управлению полным циклом Разработка-Производство-Дистрибьюция готовой продукции. Однако, эта проблема по существу не получила дальнейшего развития в работе, а автор сосредоточился только на этапе Разработка.
- 2) В главе 2 (стр. 48) используется термин «количественная интерпретация реограмм», что требует какого-то пояснения в тексте, так как, на первый взгляд, звучит как тавтология.
- 3) В главе 2 (стр.56 - стр. 58) говорится о семантической модели процесса структурирования, однако, не ясно какой смысл вкладывает автор в этот термин так как таблица с перечислением некоторых значений сущностей «Функции»-«Документы»-«Исполнители» не может считаться семантической моделью.
- 4) В третьей главе работы приведена схема управления процессами структурирования эластомерных композитов (стр. 67,рис. 22). Из описания схемы управления не ясно, как взаимодействуют между собой система автоматического управления технологическим процессом с интеллектуальной системой поддержки управленческих решений.
- 5) В главе 3 (стр. 92) автор утверждает, что при построении базы производственных правил необходимо использовать аппарат нечетких множеств, однако в дальнейшем тексте отсутствуют какие-либо указания на использование этого механизма.
- 6) В этой же главе диссертации приведен выбор методики построения базы знаний для поддержки принятия решений по управлению. Автор останавливается на сопоставлении когнитивной и производственной моделей и выбирает производственную модель, которая в дальнейшем применяется в структуре интегрированной информационной системы управления процессами смешения и структурирования эластомерных композитов (стр.94, 95). Этот анализ представляется, к сожалению, не полным и достаточно поверхностным.
- 7) В главе 4 не вполне понятно, какие из представленных графиков и аналитических выражений следует рассматривать в качестве наглядной иллюстрации применения интеллектуальной системы при управлении процессами структурирования эластомерных композитов.

7. Соответствие работы паспорту специальности.

Диссертация соответствует следующим пунктам области исследования специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология) в направлении обработки информации:

п.2 - «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»;

- п. 5. – «Разработка специального математического обеспечения обработки информации»;
- п. 10. – «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»;
- п.12. – «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации».

В целом, диссертационная работа производит хорошее впечатление. Автором проведено добротное исследование проблемы. Он грамотно подошел к вопросам анализа данных и моделирования и построил ряд оригинальных моделей, а также успешно реализовал соответствующий информационно-алгоритмический комплекс в качестве элемента процесса управления структурированием эластомерных композитов.

8. Публикация основных результатов и характеристика источников.

По теме диссертационного исследования опубликовано 15 научных трудов, в том числе 7 из них в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК Министерства образования и науки РФ.

В диссертационной работе и автореферате содержатся необходимые обязательные ссылки на источник заимствования. Таким образом, работа в целом соответствует пункту 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней.

9. Заключение.

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании обобщения опубликованных научных работ и собственных экспериментальных исследований автором получены новые научно-обоснованные решения по алгоритмическо-информационному обеспечению системного анализа управления химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов, реализация которых вносит значительный вклад в экологическую безопасность и экономическое развитие страны. Диссертация написана доходчиво, грамотно. Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Кузнецова Андрея Сергеевича «Алгоритмическо-информационное обеспечение системного анализа автоматизированных химико-технологических процессов структурирования многокомпонентных эластомерных композитов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполнена на высоком научном уровне, отвечает формуле и пунктам области исследования специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (химическая технология), а также требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), а ее автор Кузнецов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (химическая технология).

Официальный оппонент,
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Автоматизированных систем управления
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
технологический университет МИСиС»

И.О. Темкин

Исп. – Темкин Игорь Олегович
119049, г.Москва, Ленинский проспект, д.4
тел. +7(499)230-24-71
почта: igortemkin@yandex.ru
Научная специализация :05.13.01

