

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ФГБОУ ВПО «Тверской
государственный технический
университет»

д.ф.-м.н., пр
А.В. Твардо
«19» апре

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет» на диссертационную работу Попова Алексея Петровича **«Системный анализ, моделирование и управление периодическим процессом термоокислительной деструкции полимеров в растворе»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в пищевой и химической промышленности)», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность работы

В настоящее время в промышленности России производство низкомолекулярных полимеров с активными функциональными группами ограничено, в связи с несовершенством технологии их получения. Тем не менее такие полимеры широко востребованы для изготовления строительных герметиков, антикоррозионных покрытий и других материалов. Также необходимо отметить растущий спрос на эти полимеры в большинстве развитых и развивающихся странах мира.

Существует несколько способов получения низкомолекулярных полимеров с активными концевыми группами. Среди них наиболее перспективным является процесс термоокислительной деструкции полимеров в растворе, так как не требует использования высокотоксичных веществ, является менее энергоемким и непродолжительным во времени, а также позволяет разрушать полимеры до определенного (заданного) значения средней молекулярной массы.

В настоящее время на заводах синтетического каучука данная технология не используется для выпуска низкомолекулярных полимеров в промышленных масштабах. Таким образом, развитие и внедрение технологии получения низкомолекулярных полимеров с активными функциональными группами является одной из основных задач, стоящих перед химической отраслью.

В этой связи развитие методов моделирования процессов термоокислительной деструкции в растворе и создание на их основе эффективных алгоритмов управления этими процессами является востребованной научной задачей, что дает основание утверждать об актуальности диссертационной работы.

Анализ структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа Попова Алексея Петровича изложена на 176 страницах печатного текста, содержит 39 рисунков и 19 таблиц, состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 176 источников, а также 8 приложений.

Во введении обуславливается важность и своевременность задач поставленных и решенных соискателем в своей диссертационной работе. Показаны научная новизна, практическая значимость работы и результаты внедрения полученных практических разработок.

В первой главе выполнен литературный обзор существующих на сегодняшний день методов моделирования и управления различными видами процессов деструкции полимеров, методов идентификации кинетических параметров химических реакций. На основе проведенного литературного поиска и анализа научных трудов по выбранной тематике рассмотрены работы, посвященные исследованию растворной деструкции полимеров, показаны их недостатки, на основе чего автором сформулирована цель диссертационной работы и поставлены научно-практические задачи для её достижения.

В второй главе представлена методика обработки информации, представляющей собой экспериментальные данные гель-проникающей хроматографии полимера. Доказана потребность в создании предлагаемой методики, обоснована её научная новизна и показан практический эффект от применения.

В третьей главе проведено моделирование молекулярно-кинетических закономерностей процессов деструкции полимеров в растворе. Разработано математическое описание кинетики фракционного состава полимера, представляющее собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, моделирующих динамику изменения концентраций фракций полимера в течении процесса деструкции. Представлена математическая модель кинетики деструкции, описывающая изменение концентраций компонентов реакционной смеси, которая в дальнейшем используется при расчете управляющих воздействий для управления процессом деструкции. Для осуществления оценки кинетических констант химических реакций выполнена модернизация метода покоординатного спуска, обоснована целесообразность его применения, проведена оценка точности расчетов. Разработан метод оценки динамики изменения статистических моментов

молярно-массового распределения и величин показателей качества, обеспечивающих прогнозирование процессов термоокислительной деструкции полимеров в растворе.

В четвертой главе проведен системный анализ исследуемого процесса как объекта управления, на основе которого предложен способ управления им, который осуществляется по периодической технологии с непрерывной подачей в реактор инициирующего агента деструкции. В результате предложен алгоритм управления деструкцией, позволяющий получать низкомолекулярные полимеры с заданными показателями качества за прогнозируемое время.

В пятой главе приведено описание структуры и алгоритмов работы моделей информационных потоков и баз данных, созданных в интегрированной среде программирования (IDE) Borland C++ Builder 6. Описаны математические модели и методы, позволяющие проводить научные исследования процессов термоокислительной деструкции. Предложенная автором структура программного обеспечения позволяет выполнять его усовершенствование и модернизацию без потери изначально предусмотренных опций и функциональных возможностей.

В заключении сформулированы основные выводы, в которых в полной мере отражена научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования.

Научная новизна

В представленной диссертационной работе научной новизной обладают:

1. Методика обработки экспериментальных молекулярно-массовых распределений полимера, полученных путем его гель-хроматографического анализа, отличающаяся дополнительной экстраполяцией хвостов распределения, что в результате предоставляет возможность преобразовать исходное дискретное распределение с непостоянным шагом дискретизации по молекулярной массе к молярно-массовому распределению с заданным фиксированным шагом дискретизации.
2. Разработанные на основе системного анализа математические модели, описывающие кинетику фракционного состава полимера и динамику изменения компонентов реакционной смеси в процессе протекания термоокислительной деструкции полимеров в растворе.
3. Метод оценки динамики изменения статистических моментов молярно-массового распределения и величин показателей качества полимера в процессе деструкции, созданный в результате выявления структуры системных связей между условиями проведения деструкции и функцией

молекулярно-массового распределения полимера.

4. Алгоритм управления технологическим процессом растворной термоокислительной деструкции полимеров в реакторе периодического действия, обеспечивающий получение полимера заданного качества за прогнозируемое время.

5. Модернизированный численный метода покоординатного спуска, выполняющий поиск параметров модели процесса, отличающийся от исходного методикой расчета величины и направления шага поиска по оцениваемым параметрам в зависимости от величины изменения целевой функции.

6. Созданное программное обеспечение, предназначенное для практического использования разработанных моделей и методик и тем самым позволяющее проводить исследование и прогнозирование процессов термоокислительной деструкции полимеров.

Практическая и теоретическая значимость полученных результатов

В данной диссертационной работе теоретическую значимость представляет развитие методов:

- обработки данных гель-хроматографического анализа полимеров;
- математического моделирования процессов растворной термоокислительной деструкции;
- оценки кинетических констант химических процессов. Разработанный метод, являющийся модификацией метода покоординатного спуска, может применяться для нахождения нелокальных экстремумов негладких функций;
- оценки статистических моментов молекулярно-массового распределения полимера, на основе которых получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитывать в динамике показатели качества полимеров.

Практическая ценность работы заключается в применении предложенного способа управления периодическим процессом растворной термоокислительной деструкции для получения конечного продукта с заданными показателями качества в виде алгоритма, формализующего процесс управления. Также практическую значимость представляет созданное программное обеспечение, где программно реализованы разработанные в диссертации модели и методики для проведения обработки данных гель-проникающей хроматографии полимеров, исследования и анализа процессов термоокислительной деструкции полимеров в растворе.

Степень достоверности полученных результатов

Достоверность разработанных автором моделей, методов, алгоритмов, программного обеспечения, обоснованность сделанных выводов и заключений основывается на использовании в процессе научных исследований: современных технических средств и методик проведения экспериментов,

многофункциональных интегрированных сред и языка программирования высокого уровня, а также известных методов математического моделирования, системного анализа, вычислительной математики, математической статистики, теории вероятности, химической кинетики. Диссертационная работа базируется на научных трудах авторов, внесших значительный вклад в рассматриваемую область исследования.

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается близостью рассчитанных с помощью предложенных математических моделей и методов значений и экспериментально полученных данных, а также согласованностью найденных кинетических параметров процесса деструкции с величинами параметров, приведенных в технической литературе.

Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались автором на международных и всероссийских конференциях, симпозиумах. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них 3 в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 в журнале, входящем в международную базу цитирования SCOPUS. Созданное программное обеспечение зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.

Рекомендации по использованию результатов

Результаты проведенных научных исследований могут быть использованы на предприятиях синтетического каучука для разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами термоокислительной деструкции для производства низкомолекулярных полимеров с активными функциональными группами с заданными показателями качества.

Полученные в работе теоретические знания и материалы представляют научную ценность для производственных лабораторий и НИИ, занимающихся исследованиями процессов термоокислительной деструкций полимеров.

Программное обеспечение, реализующее разработанные математические модели и методы исследования и прогнозирования процессов термоокислительной деструкции полимеров в растворе передано для использования в воронежский филиал ФГУП «НИИСК» и ООО «Совтех».

Замечания к работе

1. Глава, посвященная литературному обзору излишне перегружена.
2. При моделировании процесса деструкции и проведении оценки соответствия экспериментальных данных расчетным значениям не учитывалась погрешность измерительных приборов.
3. Отсутствует оценка сходимости модернизированного метода покоординатного спуска.

4. Во второй, третьей и пятой главах присутствуют повторы при описании обозначений рассматриваемых показателей качества полимера.
5. Сискателю следовало бы на начальном этапе рассмотреть возможность управления процессом деструкции путем изменения температурного режима работы реактора.
6. Автор не указал в своей работе результаты апробации предложенного способа управления термоокислительной деструкцией.
7. Текстовую часть информации, приведенной в подразделе 5.6 главы 5 лучше перенести в подраздел 5.5, а описание программного интерфейса поместить в приложении.

Общая характеристика работы и соответствие паспортам специальностей

Представленная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, имеет четко прослеживающуюся связь между структурными разделами, полученные результаты достаточно проиллюстрированы с помощью рисунков, таблиц и компьютерных изображений (скриншотов). Диссертационная работа удовлетворяет требованием ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат также выполнен согласно требованиям ВАК и отражает содержание диссертации, актуальность темы исследования, её научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов.

Выбранная тема научного исследования, формулировка его целей и постановка задач, научная новизна, области практического применения полученных результатов, используемые методы анализа и общая направленность работы подтверждают ее соответствие по формуле и области исследования паспортам специальностей: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в пищевой и химической промышленности)» (пункты 2, 9, 12), 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (пункты 3 и 8).

Заключение

Подводя окончательный итог, ведущая организация делает заключение, что диссертационная работа «Системный анализ, моделирование и управление периодическим процессом термоокислительной деструкции полимеров в растворе» является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям ВАК и «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, №842), а ее автор Попов Алексей Петрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка инфор-

мации (в пищевой и химической промышленности)», 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертационная работа прошла научное обсуждение, отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры «Информационных систем» (ИС) ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет».

Протокол № 6 от 29 апреля 2015 года.

Зав.кафедрой «Информационные системы» ФГБОУ ВПО «Тверской государственный университет»,

д.т.н. профессор,

Специальности: 05.13.06 -
процессами и производств

Адрес: 170026, Россия, г. Тверь, проспект Ленина, 25, ХТ-240а;

Телефон: (4822) 44-93-47;

Сайт: www.tstu.tver.ru.

e-mail: pboris@tstu.tver.ru

Палюх Борис Васильевич

я и управление технологическими
и»

Зам. зав. кафедры «Информационных
систем» ФГБОУ ВПО «Тверской
государственный технический
университет»,

д.т.н. профессор,

Специальности: 05.1
информации (по отрас

Адрес: 170026, Россия, г. Тверь, проспект Ленина, 25, ХТ-240;

Телефон: (4822) 44-52-61;

Сайт: www.tstu.tver.ru.

e-mail: is@tstu.tver.ru

Семенов Николай Александрович

ный анализ, управление и обработка