

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.03 на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета

от «16» июня 2016 года, протокол № 13

О присуждении Лопатину Кириллу Геннадиевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование системы автоматического управления периодическим реактором радикальной полимеризации метилметакрилата с нечеткими регуляторами» в виде рукописи по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология), технические науки, принята к защите «14» апреля 2016 года, протокол № 10, диссертационным советом Д 212.204.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства образования и науки Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от «03» марта 2016 года № 242/нк).

Соискатель **Лопатин Кирилл Геннадиевич**, «23» декабря 1988 года рождения, в 2011 году окончил Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Обучался в аспирантуре в Новомосковском институте (филиале) Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации на кафедре «Автоматизация производственных процессов» в период с «01» июля 2011 года по «31» июля 2014 года.

Работает в должности старшего мастера цеха централизованного ремонта и технического обслуживания контрольно-измерительных приборов и автоматики Акционерного общества «Новомосковская акционерная компания «АЗОТ».

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизация производственных процессов» Новомосковского института (филиала) Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Научный руководитель** доктор технических наук, профессор Вент Дмитрий Павлович, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов» Новомосковского института (филиала) Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор Кудряшов Владимир Сергеевич, гражданин Российской Федерации, профессор кафедры информационных и управляющих систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» Министерства образования и науки Российской Федерации, Воронеж;

кандидат технических наук, Пашенко Александр Федорович, гражданин Российской Федерации, старший научный сотрудник лаборатории №43 «Управление в саморазвивающихся системах» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова» Российской академии наук, дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технологический университет»



Министерства образования и науки Российской Федерации, Тамбов, в своем **положительном заключении**, подписанном доктором технических наук, профессором Матвейкиным Валерием Григорьевичем, заведующим кафедрой «Информационные процессы и управление» и утвержденном ректором, доктором технических наук Краснянским Михаилом Николаевичем, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Лопатин Кирилл Геннадиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология) (отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры «Информационные процессы и управление» «13» мая 2016 года, протокол № 13).

Соискатель имеет **13** опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 33 страницы, в том числе **2** в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Публикации выполнены в соавторстве с научным руководителем и другими авторами на русском языке. Личный вклад соискателя (75-90%) состоит в получении и анализе экспериментальных данных, подготовке и написании материала. Монографий, патентов, авторских изобретений и депонированных рукописей не имеет.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Лопатин К.Г., Лопатин А.Г., Вент Д.П., Савельянов В.П. Сравнение кинетических моделей процесса радикальной полимеризации метилметакрилата. Известия ТулГУ // Технические науки. 2014. Выпуск 2. С. 78-83.
2. Лопатин К.Г., Лопатин А.Г., Вент Д.П., Савельянов В.П. Математическая модель лабораторного реактора радикальной полимеризации метилметакрилата // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Выпуск 2. С. 84-91.

На диссертацию и автореферат поступило **8** отзывов, **все положительные**. В отзывах указывается, что представляемая работа характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии.

В отзыве **Ермакова Дмитрия Сергеевича**, профессора, заведующего кафедрой математических и естественнонаучных дисциплин Новомосковского филиала Автономной некоммерческой организации высшего образования «Университет Российского инновационного образования», сделано замечание: непонятно, к чему приводит повышение качества регулирования – к повышению выхода продукции либо к повышению качества или к решению каких-либо проблем производственной безопасности. Для чего разрабатывалась эта система управления?

В отзыве **Львова Алексея Арленовича**, доктора технических наук, профессора кафедры «Информационные системы и технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», содержатся замечания: из текста автореферата не совсем ясно, почему проявление гель-эффекта носит отрицательный характер? В автореферате в уравнении теплового баланса есть коэффициент температура ТЭНов, при этом повышение температуры реакционной смеси имеет отрицательный характер, непонятно, для чего лабораторный реактор нагревается?

В отзыве доктора технических наук, профессора **Матвеева Юрия Николаевича**, профессора кафедры «Электронные вычислительные машины» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный технический университет», отмечено: не понятно, по какому принципу проводились лабораторные испытания и выбирались значения концентраций, температуры и



т.д. Как можно судить об улучшении функционирования САР, если нет критерия оптимальности. Может быть неправильно настроен ПИ-регулятор?

В отзыве кандидата технических наук, младшего научного сотрудника лаборатории региональных информационных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Российской академии наук **Морозова Ивана Николаевича** есть замечания: не дано пояснение выбора вида функций принадлежности для входной и выходной переменной предлагаемых нечетких регуляторов. Не совсем ясно для чего необходимо применять центроидный метод дефазификации выходной переменной при треугольном виде функций принадлежности, если пересечения термов нет.

В отзыве доктора технических наук, профессора **Рубанова Василия Григорьевича**, заведующего кафедрой технической кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», имеются замечания: как видно из автореферата апробация работы проведена только на локальных конференциях вуза, где обучался соискатель; не проведено сравнение работы системы с включением классического ПИД-регулятора, которая могла бы также помочь детектировать фронт возрастания температуры и подавить гель-эффект. При этом, возможно, коррекция П составляющей при помощи гибридной нечеткой системы работает в качестве имитации присутствия Д-составляющей классического регулятора; присутствуют ошибки в тексте.

В отзыве кандидата технических наук **Кайченова Александра Вячеславовича**, доцента кафедры «Автоматика и вычислительная техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Мурманский государственный технологический университет», указаны замечания: при построении системы управления с нечетким регулятором мало описана методика расчета оптимальных настроек классического ПИ-регулятора и качественные критерии, определяющие эти настройки; отсутствует формализованная постановка задачи синтеза системы управления.

В отзыве кандидата технических наук **Керницкого Виктора Иосифовича**, советника директора открытого акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский институт синтетического волокна» присутствуют замечания: не указаны числовые значения высоких концентраций, которые приводят к сильному пенообразованию и налипанию полимера на мешалку реактора (рис. 4 автореферата); приведенные результаты исследования (рис. 3, 4, 5) подтверждаются только качественно, аналитическими выводами при отсутствии количественных показателей. То же самое можно отнести и к сравнению различных систем регулирования: было бы интересно показать не только числовые значения функций принадлежности, но и привести числовые характеристики сравнения (например, во сколько раз или на сколько процентов произошло улучшение).

В отзыве доктора технических наук, доцента **Прошина Ивана Александровича**, профессора кафедры «Технология машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет» есть замечание: отсутствие в автореферате данных расчета интегрального квадратичного критерия качества переходных процессов при описании имитационного моделирования процесса полимеризации для промышленного реактора.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что область их научных интересов и направление основной деятельности соответствуют тематике работы соискателя, что подтверждается большим числом научных и учебно-методических публикаций. Высокая компетентность в области автоматизации и управления, а также в области основных процессов химической технологии и аппаратов для их проведения дает возможность им в должной мере оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:



- **разработаны** математическая модель лабораторного реактора для описания тепло- и массообменного процесса радикальной полимеризации метилметакрилата с учетом изменения физических свойств реакционной смеси в зависимости от изменения температуры процесса синтеза и степени конверсии мономера, которая может быть использована для расчета энергоэффективности процесса радикальной полимеризации метилметакрилата; алгоритмы автоматического управления на базе нечеткой логики для компенсации отрицательного влияния гелевого эффекта на процесс полимеризации метилметакрилата, ввиду нелинейного характера изменения параметров объекта управления;

- **доказана** работоспособность предложенной системы управления с нечеткой коррекцией пропорциональной части пропорционально-интегрального регулятора на лабораторном реакторе, расчет интегрального квадратичного критерия качества показал эффективность предложенных систем автоматического управления температурой реакционной смеси при проявлении гелевого эффекта для решения широкого круга практических задач в области синтеза алгоритмов управления температурой полимеризации в силу детерминированно-стохастической природы процесса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **изучены** теоретические аспекты процесса суспензионной полимеризации метилметакрилата;
- **изучено** и экспериментально подтверждено влияние концентрации инициатора, стабилизатора и температуры на процесс полимеризации метилметакрилата;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы математического и физического моделирования, теории автоматического управления, системного анализа, оптимизации, принципы объектно-ориентированного программирования;
- **разработано и внедрено** в систему управления лабораторным реактором алгоритма fuzzy коррекции пропорциональной части пропорционально-интегрального регулятора;
- **разработан** программный комплекс для изучения процесса полимеризации метилметакрилата в пакете программ Matlab и проект системы автоматического управления в SCADA системе Codesys;
- **изложены** различные алгоритмы управления температурой процесса радикальной полимеризации метилметакрилата с нечеткими регуляторами. Показано преимущество использования предложенных алгоритмов для уменьшения влияния гелевого эффекта на температуру процесса полимеризации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **создана** лабораторная установка для изучения процессов синтеза полимеров, на которой можно проводить исследования кинетики процессов суспензионной полимеризации, гидродинамических и энергетических режимов протекания процессов полимеризации;
- **разработаны** методики управления температурой процесса полимеризации метилметакрилата на основе нечеткой логики. Показана работоспособность системы автоматического регулирования с fuzzy коррекцией пропорциональной части пропорционально-интегрального регулятора в зависимости от изменения ошибки регулирования для компенсации отрицательного влияния гелевого эффекта на температуру процесса полимеризации для промышленного реактора при соотношении мономер : вода = 1:2;
- **экспериментально** на лабораторном реакторе доказана работоспособность разработанной системы управления;
- **представлены** рекомендации по использованию предложенных алгоритмов управления температурой процесса полимеризации метилметакрилата. В результате проведения вычислительного эксперимента показана работоспособность представленных систем автоматического управления.
- полученные результаты **могут быть рекомендованы** для использования предприятиями химической промышленности при создании высокоэффективных автоматизированных производств, отличающихся высоким уровнем безопасности, в частности, организациям и фирмам, деятельность которых связана с производством



полиметилметакрилата (акционерное общество «Дзержинское оргстекло», Дзержинск, Россия), а также производств, где в процессе синтеза полимеров различного назначения имеет место проявление гель-эффекта.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность полученных результатов обеспечивается: большой выборкой экспериментальных исследований процесса радикальной полимеризации метилметакрилата; выбором подходов к физическому моделированию; проверкой адекватности разработанных моделей и алгоритмов управления с использованием проведенных экспериментов.
- выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения, согласуются с известными теоретическими и эмпирическими зависимостями.

Личный вклад соискателя заключается в проведении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая обработку и обобщение экспериментальных данных, проведение исследований, анализ и оформление результатов в виде публикаций и научных докладов на конференциях.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология) по пунктам 3, 6, 10, 17 области исследований.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая направлена на решение важной задачи по разработке и исследовании системы автоматического управления периодическим реактором радикальной полимеризации метилметакрилата с нечеткими регуляторами. По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании «16» июня 2016 года протокол № 13 диссертационный совет принял решение присудить Лопатину Кириллу Геннадиевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, **проголосовали: за присуждение учёной степени – 16**, против присуждения учёной степени – **нет**, недействительных бюллетеней – **нет**.

Председатель диссертационного совета

М. Б. Глебов

Ученый секретарь диссертационного совета

А. В. Женса

