

## Отзыв

официального оппонента на диссертацию Муцниина Алексея Викторовича на тему «Разработка модели автоматизированного управления технологическими установками разделения углеводородов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (в машиностроении и приборостроении).

**Актуальность темы диссертации.** Операции пуска и останова автоматизированных технологических установок химической, нефтехимической и других смежных отраслей промышленности, а также управление ими в возникающих нештатных ситуациях, в том числе в предаварийных и аварийных, в значительной степени связаны с осуществлением их в «ручном» режиме, т.е. зависят от «человеческого фактора», что предъявляет высокие требования к уровню подготовки оперативного персонала. Актуальная задача повышения уровня подготовки персонала решается в настоящее время путем обучения на компьютерных тренажерных комплексах, разработка и внедрение которых сдерживается отсутствием достоверных моделей управления, соответствующих химико-технологическим системам. Наличие адекватных моделей химико-технологических процессов и систем способствует также высокотехнологичным решениям в области методов и алгоритмов управления автоматизированными технологическими установками. Разработка методов и алгоритмов представляет актуальную задачу прикладной теории управления.

### **Краткое содержание диссертации.**

Основной текст диссертационной работы состоит из четырех глав, введения, заключения, списка литературы и приложений.

**В первой главе** проводится анализ отечественных и зарубежных разработок по теме диссертации, приводятся результаты наиболее актуальных методов и направлений исследования. Рассматриваются особенности управления технологическими установками разделения углеводородов, проводится анализ результатов экспериментального исследования режима пуска установки дебутанизации углеводородов.

**Во второй главе** разрабатываются математические модели динамических режимов работы технологических аппаратов, проводится проверка их адекватности. На основе данных моделей на языке непрерывных функциональных схем разрабатывается математическая модель автоматизированной установки разделения углеводородов.

**В третьей главе** представлен метод разработки компьютерных тренажерных комплексов, описываются основные этапы разработки компьютерных тренажеров, описывается пользовательский интерфейс инструктора и оператора. Процессы разработки и функционирования компьютерного тренажера исследуются на примере пуска установки

дебутанизации углеводородов завода Этилен ПАО «Нижнекамскнефтехим».

**В четвертой главе** на основе разработанной модели автоматизированной установки разделения углеводородов проводится моделирование системы управления процессом дебутанизации углеводородов в составе распределенной системы программного управления. Разработаны алгоритмы программных регуляторов технологических параметров.

**Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.**

В работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- 1) метод построения модели автоматизированного управления технологическим процессом в виде непрерывной функциональной схемы на языке программирования контроллеров СFC, оптимальном при написании программного кода;
- 2) математические модели динамических режимов работы технологических аппаратов установки разделения углеводородов и метод их решения;
- 3) метод создания компьютерных тренажерных комплексов для приобретения практических навыков безопасного ведения работ, отработки действий производственного персонала при управлении процессами пуска и останова, ликвидации аварийных ситуаций на технологических установках в нефтехимии, основанный на структурировании процесса разработки путем выделения взаимосвязанных этапов и операций, выполняемых на них;
- 4) модели и алгоритмы программного управления технологической установкой разделения углеводородов.

**Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности.**

Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении)», в частности, в ней представлены области исследований по нумерации паспорта специальности:

- разработанные во 2 главе математические модели технологических аппаратов в виде нестационарных дифференциальных уравнений тепломассообмена, термодинамики и материального баланса, метод их решения и расчета технологических параметров установки разделения соответствуют п. 4 «Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация» и п. 6 «Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и систем управления ими» паспорта научной специальности;

- предложенная во 2 главе математическая модель автоматизированной технологической установки разделения углеводородов в виде непрерывной функциональной

схемы (НФС), составленная из связанных между собой технологическими и информационными потоками функциональных блоков, позволяет разработать эффективные алгоритмы и программный код системы управления процессом разделения соответствует п. 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.» и п. 4 «Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация» паспорта научной специальности;

- разработанные в 3 главе структура и компоненты компьютерных тренажеров: графический интерфейс, подсистемы математического моделирования, разработки сценариев, учебно-методическое обеспечение, система тестирования, сценарий обучения промышленного персонала процессам управления, программное обеспечение соответствуют п. 4 «Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация» и п. 10 «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП» паспорта научной специальности;

- разработанные в 4 главе алгоритмы управления программных регуляторов распределенной системы управления, обеспечивающие перевод технологического процесса из предпускового состояния в режим нормального функционирования за заданное время при допустимом отклонении технологических параметров процесса и производительности от заданных программных значений соответствуют п. 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.» и п. 10 «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП» паспорта научной специальности.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

1) разработана математическая модель автоматизированной установки разделения углеводородов на языке непрерывных функциональных схем, состоящая из математических моделей технологических аппаратов;

2) предложен метод разработки компьютерных тренажеров по обучению промышленного персонала безопасному ведению работ, операциям пуска, плановой и аварийной остановке в типовых и специфических нештатных и аварийных ситуациях на

химико-технологических производствах; компьютерные тренажеры внедрены в цехах заводов ДБиУВС, Этилена, ИМ, СК ПАО «Нижнекамскнефтехим»;

3) разработан пакет прикладных программ, включающий алгоритмы работы системы управления технологическими процессами в нефтехимии и нефтепереработке; программное обеспечение зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** достаточна и, как следует из анализа содержания научно-квалификационного труда соискателя, подтверждается корректностью применения методов системного анализа, законов сохранения массы и энергии, математического и физического моделирования динамических режимов работы технологической установки, согласованностью результатов моделирования с экспериментальными данными.

**Достоверность результатов работы** подтверждается внедрением тренажерных комплексов в производственный и учебный процесс, результатами экспериментальных исследований.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. Какие нештатные, аварийные ситуации прописаны в технологическом регламенте? Каковы действия оператора в этих ситуациях? Как они реализованы в РСУ и в компьютерном тренажере?

2. При разделении многокомпонентной смеси равновесие не подчиняется закону Рауля. Для этого случая в работе не указаны уравнения термодинамики. Какие допущения приняты, как это влияет на работу системы управления?

3. Предложенный метод построения программы управления по экспериментальным данным актуален при пуске установки дебутанизации углеводородов. Почему не рассмотрена задача максимального быстрогодействия, её решение более эффективно для системы управления?

4. В непрерывной функциональной схеме отсутствуют функциональные блоки, описывающие связи между ними (технологическими аппаратами).

**Заключение.** Диссертация Мушнина А.В. в целом является актуальной, законченной и самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки модели автоматизированного управления технологическими установками разделения углеводородов, предназначенной для использования в компьютерных тренажерных комплексах и распределенной автоматизированной системе управления. Поставленная цель исследования достигнута, задачи для её достижения решены. Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне с использованием

современных инструментальных средств и методик, а основные выводы достаточно обоснованы и подтверждены результатами теоретических и экспериментальных исследований. В целом, полученные результаты имеют научную новизну и практическую ценность. Личный вклад автора работы достаточно существенен.

Диссертация, в соответствии с п. 11, п. 13 и п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, содержит список работ, опубликованных автором по теме диссертации. В тексте диссертации имеются ссылки на указанный список. Основные результаты исследований Мушнина А.В. опубликованы в 25 печатных работах, в том числе получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, результаты работы изложены в 10 публикациях из перечня ВАК российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, а также докладывались на конференциях Всероссийского и международного уровня.

Рукопись автореферата соответствует требованиям п. 25 Положения о присуждении ученых степеней. В автореферате освещены основные этапы работы, изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведенное исследование, отражена степень новизны и практической значимости результатов исследования. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что рассматриваемая научно-квалификационная работа соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Мушнин Алексей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении)».

Официальный оппонент – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Адрес: 614990, РФ, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29.

E-mail: [rector@pstu.ru](mailto:rector@pstu.ru), телефон +7(342) 2-123-927.

Шумихин Александр Георгиевич

Сведения о лице, подписавшем отзыв:

– Шумихин Александр Георгиевич, д-р техн. наук, профессор;

- шифр и наименование научной специальности, по которой защищена диссертация д-ра техн. наук – 05.13.07 – Автоматизация технологических процессов и производств (защита в 1998г.);
- адрес места основной работы:  
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»;  
Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29;
- рабочий телефон: +7 (342) 2-391-506;
- адрес электронной почты: atp@pstu.ru.

Собственноручную подпись А.Г. Шумихина заверяю



енный секретарь ПНИПУ

В.И. Макаревич