

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ганджи Тараса Викторовича «Развитие метода компонентных цепей для реализации комплекса программ моделирования химико-технологических систем»
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертации

Выбранная тема диссертационного исследования является актуальной, так как при проектировании и исследовании сложных технических управляемых систем (СТУС), предназначенных для управления химико-технологическими системами (ХТС) предприятий газовой промышленности, приходится решать задачи одно- и многовариантного анализа, а также параметрического синтеза. Они предполагают многократный анализ компьютерной модели ХТС с подключенными к ней моделями исполнительных и измерительных устройств при различных значениях параметров входящих в них компонентов. В частности к таким задачам относятся задачи формирования структуры, подбора элементов ХТС с определением значений параметров для установления требуемых режимов их функционирования; выбора исполнительных устройств, а также формирования и отладки сценариев управления, на основе которых функционируют устройства управления рассматриваемых СТУС. Развитие средств компьютерного моделирования СТУС и ХТС обеспечивает автоматизацию разработки и отладки сценариев функционирования интеллектуальных SCADA-систем, разработки компьютерных учебных программ, виртуальных лабораторий по различным техническим дисциплинам, а также локальных и сетевых компьютерных тренажёров операторов-технологов предприятий газовой промышленности.

Анализ содержания диссертационной работы

В состав диссертации входят: введение, 7 глав, заключение, список литературы из 211 наименований, список сокращений и приложения на 106 страницах. Объём диссертации с приложениями – 457 страниц, в т.ч., 166 рисунков и 6 таблиц.

Автореферат диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации. Он полностью отражает содержание диссертационной работы.

Первая глава посвящена вопросам системного анализа сложных технических управляемых систем (СТУС), а также рассмотрению задач исследования и функционального проектирования СТУС. Автоматизация их решения может быть достигнута с помощью представленного в главе обобщённого алгоритма вычислительного эксперимента, в основе которого лежит многократный анализ моделей СТУС при различных значениях параметров входящих в них компонентов.

Во второй главе автор приводит теоретическое обоснование и основные положения выполненной многоуровневой интерпретации метода компонентных цепей, предложенного его научным консультантом. Она содержит теоретическое обоснование и структуру многоуровневых компонентных цепей (МКЦ), для формирования которых предложен язык МЦ, включающий в себя три подязыка – язык управляемых химико-технологических систем, язык моделирования алгоритмических конструкций и язык виртуальных инструментов и приборов. Также в главе приводятся основные классы компонентов каждого из перечисленных подязыков.

Третья глава содержит вопросы компьютерного моделирования химико-технологических систем газовой промышленности и разработке моделей компонентов подязыка управляемых химико-технологических систем. В ней приводится предложенное автором формализованное представление компонентов с неоднородными векторными связями и разработанная на их основе обобщенная модель физико-химического компонента. На его базе реализован набор компонентов химико-технологических систем, таких как источник смеси веществ, набор измерителей характеристик многокомпонентных вещественных потоков, а также компоненты ХТС: теплообменник, сепаратор и абсорбер. Для параметризации данных компонентов характеристиками отдельных компонент потока реализованы программные средства подключения обобщенного компонента химико-технологических систем к базе данных характеристик веществ.

В четвёртой главе приводится описание основных лексем (операндов и операторов) языка моделирования алгоритмических конструкций, формулируются правила формализованного отображения дерева вывода математико-алгоритмического выражения в формат алгоритмических компонентных цепей, а также приводятся наборы компонентов, осуществляющих отображение скалярных и векторно-матричных операций языка моделирования алгоритмических конструкций в алгоритмические компонентные цепи. Кроме этого в главе дано описание компонентов языка моделирования алгоритмических конструкций, обеспечивающих автоматизированное решение задач многовариантного анализа и параметрической оптимизации моделей ХТС, сформированных на объектном уровне многоуровневых компонентных цепей, для варьирования параметров которых автором предложены атрибутивные связи компонентов.

Пятая глава посвящена описанию основных положений языка виртуальных инструментов и приборов. К ним относятся формализованное представление и многоуровневая структура виртуального прибора, последовательность действий пользователя при его формировании, а также правила составления функциональных блоков виртуальных приборов. Также глава содержит исследование погрешностей виртуальных приборов, возникающих при исследовании многоуровневых компонентных цепей СТЭС.

Шестая глава содержит структуру сформированного комплекса программ моделирования химико-технологических систем и назначение основных его модулей. Приводится предложенный автором диссертации алгоритм

формирования компонентной цепи исследуемого объекта с неоднородными векторными связями. На основе описания объектно-ориентированной структуры универсального вычислительного ядра, осуществляющего анализ компонентных цепей ХТС, описываются предложенные численные методики, направленные на повышение эффективности и быстродействия ядра при анализе компонентных цепей химико-технологических систем. Глава содержит описание алгоритма функционирования интерпретатора математико-алгоритмических конструкций, формируемых пользователей на логическом уровне МКЦ в формате языка моделирования алгоритмических конструкций, а также описание принципов работы имитационного ядра, в основу функционирования которого положен алгоритм передачи сообщений с данными различных типов. Большое внимание в главе уделено вопросам построения библиотеки моделей компонентов, а также программно-алгоритмическим средствам ее пополнения: генератору моделей компонентов и интерактивным панелям.

Седьмая глава включает в себя принципы построения многоуровневых компонентных цепей, позволяющих на основе вычислительного эксперимента осуществлять решение задач исследования и функционального проектирования СТус предприятий газовой промышленности. К таким задачам относятся: разработка и отладка алгоритмов управления на компьютерных моделях ХТС; проектирование различных аппаратов, удовлетворяющих требованиям; определение ряда характеристик многокомпонентных вещественных потоков, в частности точек росы и точек кипения. Кроме того седьмая глава включает в себя описание структуры сетевых компьютерных тренажеров, построенных на основе многоуровневых компонентных цепей и предназначенных для обучения и переподготовки операторов-технологов предприятий газовой промышленности.

В заключении соискателем изложены выводы и основные результаты выполненного диссертационного исследования.

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 54 работы, в том числе 7 монографий и учебных пособия, 4 статьи в журналах, индексируемых в SCOPUS, 19 статей в журналах из перечня ВАК.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

1) новый подход автоматизации решения задач исследования и функционального проектирования сложных технических управляемых систем предприятий газовой промышленности на основе многократного вычислительного эксперимента над компьютерными моделями химико-технологических систем при различных значениях параметров входящих в них компонентов;

2) развитие метода компонентных цепей, направленное на формирование и анализ многоуровневых компонентных цепей сложных технических управляемых систем, включающих в себя математические модели химико-технологических систем, построенные на основе нового аппарата моде-

лирования объектов и систем с неоднородными векторными связями, имитационные модели сценариев проведения вычислительных экспериментов и визуальные модели панелей визуализации и интерактивного управления;

3) язык моделирования химико-технологических систем с разработанными программно-алгоритмическими средствами в виде интерпретатора языка ХТС и универсального вычислительного ядра, работа которых основана на новом алгоритме формирования вычислительной модели ХТС с неоднородными векторными связями и алгоритме её явно-неявного анализа, обеспечивающего повышение точности и быстродействия анализа моделей ХТС;

4) лексемы и грамматические правила языка моделирования алгоритмических конструкций, отличительной особенностью которых от аналогичных языков является возможность построения имитационных моделей сценариев проведения экспериментов, предложенная система отображения лексем языка моделирования алгоритмических конструкций в формат алгоритмических компонентных цепей, взаимодействующих с моделями ХТС, и алгоритм передачи сообщений, позволяющий осуществлять передачу данных различных типов между компонентами алгоритмических компонентных цепей;

5) язык виртуальных инструментов и приборов, представленный в виде визуальных компонентов, обеспечивающих формирование и моделирование виртуальных инструментов и приборов. Их отличительная особенность от компонентов, реализуемых в других системах моделирования, заключается в том, что нелинейные модели виртуальных приборов не входят в общую систему уравнений исследуемой модели ХТС, но при этом обеспечивают численный анализ результатов моделирования и их подготовку к визуализации;

6) новая многоуровневая структура библиотеки моделей компонентов, основанная на принципах объектно-ориентированного программирования и позволяющая хранить и использовать в многоуровневых компонентных цепях компоненты трёх подязыков языка МКЦ, а также генератор моделей компонентов и интерактивные панели с редактором математико-алгоритмических выражений, обеспечивающие автоматизированное формирование и исследование новых моделей компонентов;

7) комплекс программ «Среда моделирования химико-технологических систем», отличительными признаками которого от существующих являются реализованные на единых принципах развитого в диссертации метода компонентных цепей и объектно-ориентированного программирования средства математического, имитационного и визуального видов моделирования, обеспечивающие автоматизированное решение задач исследования и функционального проектирования сложных технических управляемых систем предприятий газовой промышленности;

8) многоуровневая структура библиотеки моделей компонентов, основанная на принципах объектно-ориентированного программирования, возможностями которой являются хранение и использование в многоуровневых

компонентных цепях компонентов трёх реализованных в диссертации подъязыков языка многоуровневых компонентных цепей.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений и выводов подтверждается выполненным теоретической проработанностью и грамотным обоснованием методов исследования, применением адекватных теоретических подходов к созданию структуры многоуровневых компонентных цепей, а также к реализации моделей компонентов трёх подъязыков языка МКЦ. Разработанные модели и реализованные программно-инструментальные средства основываются на использовании подходов системного анализа, в том числе объектов и процессов химической технологии, предложенных В.В. Кафаровым, теории управления, моделирования и теории графов. Обоснованность практических результатов подтверждается применением методов структурного и объектно-ориентированного программирования, унифицированного языка моделирования UML, а также актами внедрения комплекса программ моделирования химико-технологических систем.

Достоверность результатов подтверждается следующим:

1. Адекватность реализованных моделей компонентов химико-технологических систем подтверждается путем сравнения результатов их анализа с результатами, полученными в известных аналогичных комплексах программ;
2. Компьютерные модели ХТС являются непротиворечивыми, так как основаны на известных уравнениях, описывающих протекающие в них физико-химические процессы;
3. Достоверность реализованных численных методов подтверждается сравнением их результатов с результатами теоретических расчетов и результатами, полученными в аналогичных комплексах программ;
4. Достоверность комплекса программ моделирования химико-технологических систем основана на непротиворечивости использования основных положений структурного и объектно-ориентированного программирования, а также полученными актами о его использовании в различных промышленных предприятиях, научно-исследовательских и образовательных организациях.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Теоретическая значимость диссертации Ганджи Т.В. состоит в том, что в ней решена крупная народнохозяйственная задача создания нового подхода к автоматизированному решению задач исследования и функционального проектирования сложных технических управляемых объектов предприятий газовой промышленности. Для её решения было произведено теоретическое развитие метода компонентных цепей, положенное в основу разработки комплекса программ моделирования химико-технологических си-

стем. Теоретической значимостью диссертации является развитие подходов компьютерного моделирования сложных технических управляемых систем, допускающих одновременный анализ непрерывных процессов, протекающих в ХТС предприятий газовой промышленности, и дискретно-событийных процессов, описываемых сценариями проведения эксперимента и функционирования устройств управления. В диссертации предложены принципы и методики построения многоуровневых компьютерных цепей ХТС, а также реализованы графические языки их формирования и разработан программно-алгоритмический аппарат их анализа, направленные на развитие общей теории моделирования.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в том, что на основе многоуровневого развития метода компонентных цепей разработан комплекс программ «Среда моделирования химико-технологических систем», позволяющий автоматизировать процессы исследования и функционального проектирования сложных технических управляемых систем предприятий газовой промышленности. На его основе могут быть разработаны интеллектуальные системы управления с компьютерной моделью ХТС, используемой для анализа протекающих процессов, а также для выработки управляющих воздействий, позволяющих устанавливать и поддерживать желаемых режимы функционирования. Комплекс программ моделирования химико-технологических систем позволяет реализовать сетевые компьютерные тренажеры для обучения и повышения квалификации управляющего персонала предприятий газовой промышленности.

Полученные результаты и выводы исследования могут быть использованы научно-исследовательскими и проектными институтами, осуществляющими разработку систем управления технологическими объектами предприятий газовой и других химических отраслей промышленности. Реализованные на основе комплекса программ компьютерные тренажеры – предприятиями для подготовки и повышения квалификации управляющего персонала.

Замечания по диссертации

1. В третьей главе диссертации не приводятся компоненты-реакторы, описывающие химические реакции с образованием новых компонент потока, не присутствующих на входах рассматриваемого компонента.

2. Среди компонентов, предназначенных для представления алгоритмов решения задач параметрической оптимизации, не представлено компонентов, соответствующих методам оптимизации второго порядка. При этом интерес представляет алгоритм нахождения матрицы Гессе, используемой в данных методах.

3. При разработке компонентов языка моделирования химико-технологических систем использовались уравнения состояния Редлиха-Квонга, а также методика Шилова. Однако для расчета состояния газожидкостных смесей могут быть применены другие методики, основанные, например, на уравнениях состояния Пенга-Робинсона, Барнера-Адлера, Сути-

Лу и других. Какие программно-алгоритмические возможности для создания численных методик решения данных уравнений состояния реализованы в представленном комплексе программ?

Заключение

Диссертация Ганджи Тараса Викторовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные решения по развитию метода компонентных цепей и реализации на его основе комплекса программ моделирования химико-технологических систем, направленного на автоматизацию решения задач исследования и функционального проектирования сложных управляемых технических систем предприятий газовой промышленности. Решение этой задачи вносит значительный хозяйственный вклад в обеспечение эффективной и безопасной добычи и переработки природного газа.

Считаю, что диссертация «Развитие метода компонентных цепей для реализации комплекса программ моделирования химико-технологических систем» отвечает критериям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемых к докторским диссертациям, а её автор Ганджа Тарас Викторович заслуживает присуждения ему степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой автоматизированных
технологических и информационных систем
филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке

доктор технических наук


01.11.2017

Е.А. Муравьева

Муравьева Елена Александровна филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный Нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке. Филиал УГНТУ, г. Стерлитамак, адрес: 453118, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Октября, 2, телефон: (347)324-25-12, e-mail: muraveva_ea@mail.ru

