

ГИАГОД	Документ зарегистрирован
	« 05 » ноября 2019 г.
	Вх. № 71-282/19

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Ляшенко Александра Леонидовича**

«Методы контроля технологических процессов

в активной зоне атомных реакторов РМБК-1000»,

представленную на соискание ученой степени

доктора технических наук по специальности

05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Актуальность темы диссертации

Атомные электростанции с реакторами канального типа распространены в атомной энергетике. На территории РФ третья часть энергоблоков от общего количества в стране эксплуатируется с реакторами данного типа и составляет половину в общей доле выработки электроэнергии. Поэтому проблема модернизации систем управления параметрами процессов теплообмена в активной зоне атомных реакторов канального типа (рассмотренная автором в диссертации) безусловно, является *актуальной*.

Теплоэнергетические процессы, происходящие в энергоблоках АЭС, являются нелинейными, распределенными и многосвязными. Задача реализации систем управления объектами с распределенными параметрами значительно усложняется по сравнению с системами с сосредоточенными параметрами. Это обусловлено необходимостью осуществления пространственно-распределенного контроля состояния объекта в целях наблюдения за результатами процесса управления и использования соответствующих сигналов обратных связей, а также необходимостью построения регуляторов с пространственно-распределенными управляющими воздействиями. Существуют различные формы описания моделей таких объектов: в виде дифференциальных уравнений в частных производных; в виде структурного представления систем с распределенными параметрами (развиваемое в работах школы Бутковского А.Г.), которое опирается на фундаментальное решение краевой задачи (функцию Грина); представление распределенных объектов в виде комплексных передаточных коэффициентов по собственным векторам - функциям оператора объекта.

Последние два из перечисленных описаний существенно упростили задачу анализа распределенных систем, но могут быть применены, если существует решение краевой задачи (либо фундаментальное, либо при квазистационарном установившемся режиме).

Рассмотренные автором процессы описываются нелинейными уравнениями в частных производных и имеют переменные границы фазовых переходов. Поэтому для анализа рассматриваемого объекта управления используются аппроксимационные методы.

Конечномерная аппроксимация распределенных систем может базироваться на использовании конечномерных представлений частных производных на основе метода «сеток» и «прямых», а также с использованием рядов Фурье и рядов Тейлора. По этому направлению имеется обширная литература.

Следует отметить, что на сегодняшний день методика аппроксимации

распределенных систем специальным образом подобранной сосредоточенной системой, не разработана. Однако при решении практических задач выбирается именно аппроксимация. Разработкой моделей рассматриваемых систем и методик синтеза в последнее время занимается большое число авторов ввиду безусловной актуальности и большой востребованности технических решений на практике. При этом многие работы заканчиваются этапами моделирования систем, предполагая дальнейший параметрический синтез (применение которого связано с решением ряда проблем). Рассматриваемая работа выгодно отличается т.к. она доведена до логического завершения - получены алгоритмы управления.

В этой связи диссертационная работа Ляшенко А.Л., посвященная разработке методов синтеза распределенных систем управления температурными полями в активной зоне атомных реакторов, безусловно, является *актуальной* задачей.

Диссертация выполнена на кафедре Конструирования и технологий электронных и лазерных средств Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы, включающего 243 наименований, и приложения. Работа изложена на 315 листах машинописного текста, содержит 154 рисунка и 28 таблиц.

В приложениях приведены акты о внедрении результатов диссертационной работы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан принципиально новый подход к исследованию процессов контроля, заключающийся в управляемом представлении процесса контроля, проводимого с целью активного непрерывного мониторинга возможных возмущений и изменения состояния объекта для мгновенного управляющего воздействия;
- в работе предложен новый метод частотного анализа активной зоны атомного реактора как объекта, характеризующегося распределённостью параметров;
- разработаны методики контроля тепловых полей в активной зоне реактора;
- разработана методика неразрушающего контроля технологических параметров техногенного объекта;
- разработано алгоритмическое обеспечение обработки информационных сигналов, поступающих от средств контроля параметров технологического процесса;
- разработано программное обеспечение процессов обработки информативных сигналов и представление результатов в средствах контроля;
- разработаны методики синтеза адаптивной системы контроля и управления объектами, на примере атомного реактора.

Достоверность и обоснованность основных выводов и результатов работы подтверждается корректным использованием апробированных методов исследования, адекватностью математических моделей, описывающих тепловые процессы в исследуемых объектах управления, и правильной формализацией решаемых задач, подтверждением теоретических положений численным моделированием динамики синтезированных замкнутых систем управления температурными полями в активной зоне атомных реакторов.

Результаты анализа и моделирования сравнивались с данными экспериментов на объекте РМБК-1000 Ленинградской АЭС.

Практическая ценность диссертационной работы

- разработанные методики позволяют осуществлять непрерывный мониторинг теплофизических параметров теплоносителя в технологических каналах реактора, производить контроль тепловых полей в активной зоне, а также осуществлять управление уровнем экономайзерной зоны;

- полученные результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке запорно-регулируемых клапанов для контроля и регулирования расхода теплоносителя в реакторных установках канального типа, а также для разработки систем управления к ним;

- полученные результаты могут быть учтены при модернизации реакторных установок типа РМБК-1000;

- положения и результаты диссертационной работы внедрены в проектную и научную деятельность Научно-внедренческого центра Международного исследовательского института;

- созданный пакет прикладных программ позволяет реализовать методы и алгоритмы прогнозирования, оценки эффективности и надежности, а также производить синтез систем управления с распределенными параметрами рассматриваемого класса объектов.

Результаты диссертации направлены на развитие теории и практики моделирования и управления технологическими процессами в атомных реакторах канального типа.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при проведении модернизации систем регулирования расходов теплоносителя в технологических каналах реакторов РМБК, а также при проектировании запорно-регулирующих клапанов для регулирования расхода теплоносителя в реакторах канального типа.

Публикация результатов в научной печати

Результаты работы полно отражены в публикациях и широко апробированы. Материалы диссертационного исследования опубликованы в семидесяти пяти научных работах, в том числе в двадцати двух изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых изданий, утвержденных ВАК, пяти учебных пособиях и одной монографии.

По теме диссертации получено 2 Патента на полезную модель, 8 Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и Свидетельство о государственной регистрации баз данных.

Замечания по диссертационной работе

1. Разделы 1.5, 1.6 первой главы диссертации, которые носят теоретический характер, весьма перегружены справочной информацией, и все необходимые сведения по реакторной установке могли бы быть изложены более компактно.

2. Текст 2-й главы, посвященный построению математической модели активной зоны канального реактора, содержит избыточное количество однотипных дифференциальных уравнений и граничных условий, и мог бы быть изложен более компактно.

3. В работе недостаточно подробно рассмотрены вопросы технической реализации синтезированных законов распределенного управления.

Заключение

Отмеченные замечания не снижают в целом высокий уровень диссертационной работы. Содержание диссертационной работы соответствует поставленным целям и задачам. Диссертация представляет собой завершённое самостоятельное исследование, посвящённое разработке методов синтеза распределённых систем управления параметрами активной зоны реакторов, а её результаты и полученные лично автором выводы дают основания для её положительной оценки.

Результаты исследований достаточно полно опубликованы в печати и обсуждены на различных научно-технических конференциях.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Ляшенко Александра Леонидовича на тему «Методы контроля технологических процессов в активной зоне атомных реакторов РМБК-1000» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук

Официальный оппонент,
профессор, декан факультета систем управления и робототехники
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

доктор технических наук, профессор,
Пыркин Антон Александрович
e-mail: pyrkin@itmo.ru, тел.: +7 (812) 457-18-56
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский просп., д. 49

«30» октября 2019 г.



/ Пыркин А. А. /

Подпись А.А. Пыркина удостоверяю

Начальник отдела кадров
Университета ИТМО



/ Шепелева В.М. /