

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.233.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 декабря 2019 г. № 9/19

О присуждении Ляшенко Александру Леонидовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы контроля технологических процессов в активной зоне атомных реакторов РМБК-1000» по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» принята к защите 12 сентября 2019 г., протокол № 7/19, диссертационным советом Д 212.233.01 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, приказ № 421/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель Ляшенко Александр Леонидович, 1972 года рождения, в 1995 году окончил Киевский институт Военно-Воздушных Сил по специальности «Авиационное оборудование».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук защитил в 2005 году, в диссертационном совете, созданном на базе Таганрогского государственного радиотехнического университета.

В настоящее время работает в должности доцента в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего

образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Диссертация выполнена на кафедре конструирования и технологий электронных и лазерных средств Федерального автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Першин Иван Митрофанович, Пятигорский филиал Северо - Кавказского Федерального университета, кафедра систем управления и информационных технологий, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1) **Рапопорт Эдгар Яковлевич**, доктор технических наук, профессор Заслуженный деятель науки и техники РФ, академик Нью-Йоркской академии наук , академик Российской Академии нелинейных наук , академик Академии телекоммуникаций и информатики, академический советник Поволжского отделения Российской Инженерной Академии.

Место работы: г. Самара, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», Институт автоматики и информационных технологий, кафедра «Автоматика и управление в технических системах», профессор.

2) **Ефимов Николай Николаевич**, доктор технических наук, профессор, академик Международной академии наук , академик Российской инженерной академии, академик Электроэнергетической академии, академик Инженерной академии Армении, лауреат премии имени Н.Н. Зимины, Почетный работник высшей школы, независимый эксперт ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ» Минобрнауки РФ.

Место работы: г. Новочеркасск, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», энергетический факультет, кафедра «Тепловые электрические станции и теплотехника», профессор.

3) **Пыркин Антон Александрович**, доктор технических наук, профессор,

Место работы: г. Санкт-Петербург, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», декан факультета систем управления и робототехники.

Оппоненты, являющиеся ведущими учеными в области контроля техногенных технических систем, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», институт компьютерных технологий и информационной безопасности (г. Таганрог).

Выбор ведущей организации обоснован её значимостью и широкой известностью в области контроля и диагностирования сложных технических систем, включая системы техногенного характера и наличием ученых, являющихся специалистами по теме диссертации..

В своем положительном заключении, утвержденном и.о. проректора по научной и исследовательской деятельности, д.х.н., с.н.с. А.В. Метелица, подготовленным Поповым А.Н., к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой синергетики и процессов управления ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», ведущая организация указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему,

обладает новизной и практической значимостью, содержит комплексное научно-техническое решение разработки системы контроля тепловых полей в активной зоне атомных реакторов и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемых к докторским диссертациям.

Соискатель имеет 77 опубликованных работ по теме диссертации, включая одну монографию, 2 патента на полезную модель, 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и одно свидетельство о государственной регистрации баз данных, из них, в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, опубликовано 22 работы.

Наиболее значимыми из опубликованных работ автора общим объемом 4.64 п.л. (авторский вклад 4.08 п.л.) являются:

1. Ляшенко, А.Л. Анализ систем с распределенными параметрами на запас устойчивости по показателю колебательности / А.Л. Ляшенко, О.И. Золотов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №6. С.206-213. (объем 0,3 п.л. / авторский вклад 0,2 п.л.).

2. Ляшенко, А.Л. Определение области устойчивости систем с распределенными параметрами методом расширенных частотных характеристик/ А.Л. Ляшенко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. 3 (126). С. 73-77. (объем 0,3 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

3. Ляшенко, А.Л. Применение метода расширенных частотных характеристик для анализа объектов с распределенными параметрами / А.Л. Ляшенко, И.М. Новожилов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. №5. С. 48-53. (объем 0,37 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

4. Ляшенко, А.Л. Разработка номограмм для расчета настроек распределенного ПИД-регулятора/ А.Л. Ляшенко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2012. 2 (145). С. 67-71. (объем 0,75 п.л. / авторский вклад 0,75 п.л.).

5. Ляшенко, А.Л. Математическое моделирование тепловых процессов в активной зоне реактора / А.Л. Ляшенко, С.Л. Морева // Научный журнал «Научное обозрение». 2012. №2. С. 182 – 189. (объем 0,5 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

6. Ляшенко, А.Л. Синтез распределенного высокоточного регулятора по показателю колебательности для систем с распределенными параметрами/ А.Л. Ляшенко, Е.К. Грудяева // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. №1. С. 13-53. (объем 0,37 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

7. Ляшенко, А.Л. Разработка передаточной функции распределенного регулятора/ А.Л. Ляшенко // Научный журнал «Научное обозрение». 2013. №3. С. 89 – 90. (объем 0,12 п.л. / авторский вклад 0,12 п.л.).

8. Ляшенко, А.Л. Разработка адаптивной системы управления с распределенными ПИ-регулятором/ А.Л. Ляшенко, Ю.В. Ильюшин, В.Е. Трушников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. №1. С. 341-346. (объем 0,37 п.л. / авторский вклад 0,3 п.л.).

9. Ляшенко, А.Л. Применение модифицированного метода Гольдфарба для исследования нелинейных систем с распределенными параметрами / А.Л. Ляшенко // Научный журнал «Научное обозрение». 2014. №3. С. 67 – 72. (объем 0,75 п.л. / авторский вклад 0,75 п.л.).

10. Ляшенко, А.Л. Оценка устойчивости нелинейных систем с распределенными параметрами частотным методом/ А.Л. Ляшенко // Научный журнал «Научное обозрение». 2015. №8. С. 204 – 208. (объем 0,25 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

11. Ляшенко, А.Л. Модернизация системы контроля температуры теплоносителя в технологических каналах атомного реактора / А.Л. Ляшенко // Современная наука и инновации. Научный журнал Выпуск. 2017. № 3 (19). С. 89 – 94. (объем 0,56 п.л. / авторский вклад 0,56 п.л.).

В диссертации Ляшенко А.Л. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Результаты диссертационной работы внедрены в проектную и научную деятельность Научно - внедренческого центра Международного исследовательского института. Прикладные и научные результаты, полученные в диссертации, внедрены в учебные процессы университетов:

- в дисциплинах кафедры конструирования и технологий электронных и лазерных средств федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

- в дисциплинах кафедры «Управление в технических системах» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

- в дисциплинах кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна;

- в дисциплинах кафедры «Информационно-измерительные технологии и системы управления» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна;

- в дисциплинах кафедры «Управление в технических системах» Северо-Кавказского федерального университета.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 13 организаций (все отзывы положительные)**:

1. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ) (подготовил доктор технических наук, профессор инженерной школы энергетики Гарганеев Александр

Георгиевич). Замечание: 1. В автореферате следовало бы более подробно описать выбранный принцип адаптации - хотелось бы, чтобы автор уделил больше внимания разработке вопроса оценки влияния возмущений на качество управления; 2. Не ясно, где на стр. 10 в выражениях присутствует функция входа U , определяемая положением запорно-регулирующего клапана, и появляющаяся лишь на стр.19? 3. Не ясно, где в выражении (7.4) присутствует функция G ? Также следует пояснить появление в выражении оператора ∇^2 ; 4. Вряд ли приведенные на рис. 7.12 результаты моделирования могут говорить о надежной работе разработанной системы, поскольку в реальной сложной системе надежность определяется многими иными факторами (алгоритмическими, схемотехническими, конструкционными и т.п.); 5. Автореферат трудно восприимчив, что, видимо, связано с малым объемом допустимого текста при большом количестве выполненных автором исследований; 6. В автореферате встречаются многочисленные орфографические и стилистические ошибки (знаки препинания, порядок слов, окончания в словах, деепричастных оборотах и т.д.).

2. ФГБУН Институт Проблем Машиноведения РАН, (подготовил доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ИЭМС Городецкий Андрей Емельянович). Замечания: 1. Недостаточно полно отражена методика синтеза адаптивной системы управления; 2. Не в полном объеме представлено описание технической реализации разработанной системы.

3. ООО «Нарзан-гидроресурсы» (подготовил доктор технических наук, Директор ООО «Нарзан-гидроресурсы» Малков Анатолий Валентинович). Замечания: 1. Не достаточно четко описан процесс формирования входного воздействия; 2. Не указаны пути решения задачи наблюдения в замкнутой системе распределенного управления.

4. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (подготовил доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Метрологии и управления качеством» Ушаков Иван Елисеевич). Замечания: 1. Отсутствует описание возможной технической реализации системы управления; 2. Отсутствует оценка ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов исследований.

5. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного морского технического университета» (подготовил доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электротехники и Электрооборудования судов» Дмитриев Борис Федорович). Замечания: 1. Не рассмотрена методика разработки дискретной математической модели объекта управления; 2. Из автореферата не ясно, почему регулятор назван высокоточным; 3. Не указано, чем обоснован выбор частотного метода синтеза РВР.

6. ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет» (подготовил доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информационно-коммуникационных технологий, математики и информационной безопасности» Чернышев Александр Борисович). Замечания: 1. В автореферате недостаточно полно отражено описание составления дискретных моделей рассмотренных объектов; 2. Было бы целесообразно представить обоснование выбора численных значений коэффициента m в седьмой главе.

7. ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» (подготовил доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» Мкртычев Сергей Вазгенович). Замечания: 1. Недостаточно полно отражена методика выбора коэффициентов, учитывающих параметрические возмущения в системе; 2. Желательно более подробно представить описание экспериментальных исследований.

8. Новоуральский технологический институт - филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НТИ НИЯУ МИФИ) (подготовили и.о. руководителя к.т.н., доцент Зиновьев Григорий Сергеевич, заведующий кафедрой автоматизации управления, к.т.н., доцент Дюгай Павел Алексеевич). Замечания: 1. Недостаточно полно представлена методика разработки математической модели объекта управления; 2. В тексте автореферата имеются стилистические и орфографические ошибки, пропущены знаки препинания.

9. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (подготовил доктор технических наук, доцент, директор Высшей школы автоматизации и робототехники Института машиностроения, материалов и транспорта Волков Андрей Николаевич). Замечания: 1. Целесообразно было бы рассмотреть в работе иные методы синтеза, например, с помощью методики синтеза многомерных систем; 2. В автореферате отсутствует оценка ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов исследований.

10. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» (подготовил доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Организации и управления в транспортных системах» Шестаков Иван Николаевич). Замечания: 1. Недостаточно полно отражено описание составления дискретных моделей; 2. Не рассмотрен процесс стыковки граничных условий.

11. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (подготовил доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы приводов, мехатроники и робототехники» Стажков Сергей Михайлович). Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно - учитывались ли автором динамические параметры исполнительных устройств? 2. В автореферате недостаточно

подробно описаны возможности разработанных автором прикладных программ, предназначенных для анализа и синтеза системы управления температурными полями в активной зоне атомного реактора.

12. Санкт-Петербургский имени В.Б. Бобкова филиал государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Российская таможенная академия» (подготовил доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры «Информатики и информационных таможенных технологий» Тукеев Дмитрий Леонидович). Замечания: 1. Отсутствуют расшифровки отдельных аббревиатур и описание коэффициентов в некоторых формулах; 2. Ограниченный объем автореферата не позволил диссертанту более подробно представить описание экспериментальных исследований.

13. ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» (подготовил доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Математическое моделирование и прикладная информатика» Колесниченко Сергей Викторович). Замечания: 1. Из материалов автореферата не видно, каким образом проведена оценка адекватности предлагаемых математических моделей температурных полей в активной зоне реакторных установок (глава вторая). Также требуют дополнительного уточнения процедуры оценивания точности моделирования тепловых процессов активной зоны реакторов; целесообразно более подробно представить описание экспериментальных исследований по данному направлению. 2. При описании математических моделей распределённых регуляторов, реализующих различные алгоритмы управления и обосновании методического аппарата определения их настроек (материалы четвертой главы), автором не в полном объеме описан вопрос технической реализации высокоточного регулятора. 3. Имеются незначительные отступления от требований по оформлению сокращений и иллюстраций (у рисунка 3.2 не подписаны оси координат).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в отрасли, наличием публикаций в данной сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность результатов диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. **Предложен** метод анализа активной зоны атомного реактора как объекта, характеризующегося распределённостью параметров.
2. **Разработаны** методики синтеза адаптивной системы контроля и управления объектами, на примере атомного реактора.
3. **Разработаны** методики контроля тепловых полей в активной зоне реактора.
4. **Разработана** методика контроля высоты экономайзерной зоны энергетической установки.
5. **Разработано** алгоритмическое обеспечение обработки информационных сигналов, поступающих от средств контроля параметров технологического процесса.
6. **Разработано** программное обеспечение процессов обработки информативных сигналов и представление результатов в средствах контроля.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказан ряд положений и методик, позволяющих проводить моделирование тепловых процессов в активной зоне атомных реакторов, а следовательно и проводить контроль и мониторинг состояния реактора, обнаруживать возмущения в его работе при штатных и нештатных ситуациях.

применительно к проблематике диссертации результативно использован специальный программный комплекс, разработанный для проведения численных экспериментов;

изложена методика составления математических моделей объектов с распределёнными параметрами, имеющих различную физическую природу, сложную геометрическую форму и подвижные источники воздействия и с её применением получены математические непрерывные и дискретные модели, позволяющие моделировать температурные поля в активной зоне реакторной установки;

изложен разработанный метод анализа нелинейных систем, характеризующихся наличием распределенных параметров, а также изложены методики, позволяющие проводить исследования нелинейных систем с распределёнными параметрами на предмет определения запаса устойчивости по показателю колебательности;

раскрыты проблемы, связанные с циклическим дрейфом экономайзерной зоны вдоль технологического канала, что приводит к усталости металла и, как следствие, к искривлению циркониевых труб технологических каналов;

изучено влияние ряда параметров активной зоны реактора, изменяющихся во времени, на точность идентификации параметров передаточной функции распределенного пространственно-апериодического звена, а так же влияние возмущающих воздействий на точность контроля тепловых полей при использовании разработанных распределенных регуляторов;

проведена модернизация существующих алгоритмов контроля тепловых полей в активной зоне реакторной установки.

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

разработаны программы для ЭВМ (Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013619131 от 26 сентября 2013г., № 2013661735 от 13 декабря 2013г., № 2013661620 от 11 декабря 2013г., № 2014613035 от 17 марта 2014г., № 2014613150 от 19 марта 2014г., №

2014613652 от 02 апреля 2014г., № 2014613656 от 02 апреля 2014г., № 2016615152 от 09 марта 2016г.); патенты на полезную модель (Патенты на полезную модель №142847 от 03 июня 2014 г. и №142770 от 03 июля 2014 г.); Свидетельство о государственной регистрации баз данных № 2016620522 от 09 марта 2016г.;

результаты исследований **внедрены** в проектную и научную деятельность Научно - внедренческого центра Международного исследовательского института, а также в учебный процесс следующих университетов:

- в дисциплинах кафедры конструирования и технологий электронных и лазерных средств федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

- в дисциплинах кафедры «Управление в технических системах» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

- в дисциплинах кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна;

- в дисциплинах кафедры «Информационно-измерительные технологии и системы управления» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна;

- в дисциплинах кафедры «Управление в технических системах» Северо-Кавказского федерального университета.

Создан пакет прикладных программ позволяющих реализовать методики и алгоритмы прогнозирования, оценки эффективности, а также

выполнять синтез систем управления с распределенными параметрами рассматриваемого класса объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

теория построена на достоверных и проверенных фактах, согласуется с полученными экспериментальными данными;

идея базируется на исследованиях отечественных и зарубежных авторов, обобщении передового опыта ведущих исследователей в сфере теплового контроля и диагностики;

использованы данные информационно-вычислительной системы «Скала-микро», осуществляющей мониторинг работы реактора, с которыми были сравнены результаты моделирования;

установлено, что результаты моделирования совпали с данными, полученными с помощью системы «Скала-микро». Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют об адекватности полученной математической модели и высокой точности моделирования тепловых процессов в активной зоне с применением разработанного программного обеспечения.

Рекомендуется использовать результаты диссертационного исследования при проектировании запорно-регулирующих клапанов для контроля и регулирования расхода теплоносителя и его температуры в реакторах канального типа, а также для разработки распределённых регуляторов критичных параметров техногенных систем.

Личный вклад автора состоит в следующем:

автором лично выполнены все этапы диссертационного исследования: постановка задач, разработка математических моделей тепловых полей, разработка программного комплекса, разработка методик синтеза распределенных регуляторов, экспериментальные исследования, формулировка выводов.

На заседании 17 декабря 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Ляшенко А.Л. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.11.13, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – 4, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



Ларин Валерий Павлович

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



Шелест Дмитрий Константинович

17 декабря 2019 года