

## ПРОТОКОЛ № 18

заседания диссертационного совета Д 212.132.13 при НИТУ «МИСиС»

от 06 июня 2018 г.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 20 человек.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:** 17 членов диссертационного совета, в том числе 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 05.13.06.

1. Кривоножко Владимир Егорович (председатель) – докт. физ.-мат. наук, 05.13.01
2. Лычев Андрей Владимирович (ученый секретарь) – канд. физ.-мат. наук, 05.13.01
3. Шкундин Семен Захарович (зам. председателя) – докт. техн. наук, 05.13.06
4. Буданин Олег Николаевич – докт. техн. наук, 05.13.06
5. Гончаренко Сергей Николаевич – докт. техн. наук, 05.13.01
6. Еременко Юрий Иванович – докт. техн. наук, 05.13.06
7. Карабутов Николай Николаевич – докт. техн. наук, 05.13.01
8. Климовицкий Михаил Давидович – докт. техн. наук, 05.13.06
9. Краснова Светлана Анатольевна – докт. техн. наук, 05.13.01
10. Куприянов Вячеслав Васильевич – докт. техн. наук, 05.13.01
11. Овчинникова Татьяна Игоревна – докт. техн. наук, 05.13.01
12. Осадчий Валентин Алексеевич – докт. техн. наук, 05.13.06
13. Певзнер Леонид Давидович – докт. техн. наук, 05.13.06
14. Петров Андрей Евгеньевич – докт. техн. наук, 05.13.01
15. Рожков Игорь Михайлович – докт. техн. наук, 05.13.01
16. Темкин Игорь Олегович – докт. техн. наук, 05.13.01
17. Фомин Станислав Яковлевич – докт. техн. наук, 05.13.01

**Председатель** докт. физ.-мат. наук., проф. В.Е. КРИВОНОЖКО:

На повестке дня защита диссертации Фомина Андрея Вячеславовича на тему «Адаптивное управление печами отжига металла на основе нейросетевой настройки параметров линейных регуляторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные и информационные системы управления» Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Минобрнауки России

**Научный руководитель:** Еременко Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированные и информационные системы управления» СТИ НИТУ «МИСиС».

**Официальные оппоненты:**

- доктор технических наук, профессор, Салихов Зуфар Гарифуллович, главный научный сотрудник, лаборатория №41, Федеральное государственное

бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук» (присутствует);

- кандидат технических наук, доцент, Бажанов Александр Геральдович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», доцент кафедры «Техническая кибернетика» (присутствует).

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ЛГТУ»), г. Липецк.

**Ученый секретарь** канд. физ.-мат. наук, доцент А.В. Лычев:

Представленные соискателем документы соответствуют установленным требованиям Положения ВАК России (перечисляет).

### **СЛУШАЛИ:**

- доклад Фомина Андрея Вячеславовича об основных положениях диссертации.

### **ВОПРОСЫ ЗАДАЛИ:**

- члены диссертационного совета и приглашенные – Рожков И.М., Климовицкий М.Д., Овчинникова Т.И., Певзнер Л.Д., Ткачева Т.А., Фомин С.Я.

### **ВЫСТУПИЛИ:**

- научный руководитель доктор технических наук, профессор Еременко Ю.И. (с положительным отзывом);

- ученый секретарь (зачитал заключение организации, где выполнена работа, отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат соискателя);

- официальный оппонент доктор технических наук, профессор, Салихов Зуфар Гарифуллович (с положительным отзывом).

- официальный кандидат технических наук, доцент, Бажанов Александр Геральдович (с положительным отзывом).

Соискатель ответил на все замечания, содержащиеся в отзывах на диссертацию и автореферат.

**В общей дискуссии приняли участие:** докт. техн. наук Климовицкий М.Д.

**Избрана счетная комиссия в составе:** докт. техн. наук Певзнер Л.Д. (председатель), докт. техн. наук Климовицкий М.Д., докт. техн. наук Фомин С.Я.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.06, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

### **ПОСТАНОВИЛИ:**

На основании публичной защиты и результатов тайного голосования присудить Фомину Андрею Вячеславовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», т.к. работа отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842).

Рассмотрено заключение диссертационного совета по диссертации Фомина Андрея Вячеславовича.

Заключение совета принято единогласно (прилагается).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.132.13 НА БАЗЕ ФГАОУ ВО  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ ФОМИНА АНДРЕЯ ВЯЧЕСЛАВОВИЧА НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

*О присуждении Фомину Андрею Вячеславовичу ученой степени кандидата технических наук*

Диссертация «Адаптивное управление печами отжига металла на основе нейросетевой настройки параметров линейных регуляторов» в виде рукописи по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» принята к защите «05» апреля 2018 г. протокол № 15-3 диссертационным советом Д 212.132.13, созданным на базе Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4) приказом Минобрнауки России № 965/нк от 26.08.2015 г.

Соискатель **Фомин Андрей Вячеславович**, дата рождения - 23.09.1992, в 2014г. году окончил Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» с присуждением квалификации инженер по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». С 01.10.2014 и по настоящее время очный аспирант Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные и информационные системы управления» Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Минобрнауки России (СТИ НИТУ «МИСиС»).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Еременко Юрий Иванович**, заведующий кафедрой «Автоматизированные и информационные системы управления» СТИ НИТУ «МИСиС».

Официальные оппоненты:

1. **Салихов Зуфар Гарифуллинович**, гр. РФ, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория №41, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

2. **Бажанов Александр Геральдович**, гр. РФ, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», доцент кафедры «Техническая кибернетика» – дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, - в своем положительном заключении, подписанном Галкиным Александром Васильевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой прикладной математики, указала, что в диссертационной работе изложены выполненные автором научно обоснованные технические разработки, связанные с повышением качества управления температурным режимом в печах отжига металла.

Практическая значимость работы состоит в: разработке адаптивной системы управления печами отжига металла на основе применения нейросетевого настройщика параметров ПИ-регуляторов, позволяющей повысить качество регулирования температуры во время переходных процессов и при действии на печь возмущающих воздействий; реализации разработанной системы в виде программно-технического комплекса на базе контроллеров Simatic Siemens S7 300/400; внедрении методических разработок, выполненных на основании приведенных в диссертационной работе исследований, в учебный процесс на кафедре «Автоматизированные и информационные системы управления» СТИ НИТУ «МИСиС» в дисциплинах «Системы интеллектуального управления» и «Адаптивные и оптимальные системы управления». Предложенная в диссертационной работе адаптивная система управления может быть рекомендована для использования на предприятиях, имеющих в составе различные нагревательные печи (печи нагрева ПАО «НЛМК», АО «ММК», обжиговые машины АО «ЛГОК», цементные вращательные печи), в научно-исследовательских и проектных организациях, занимающихся автоматизацией нагревательных печей, а также в учебном процессе ВУЗов, где проводится подготовка специалистов в области управления технологическими процессами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их квалификацией и наличием публикаций в области исследований, соответствующих паспорту специальности 05.13.06.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе 24 по теме диссертации (объемом 19,85 п.л., авторский вклад 32.03%), из которых 7 статей - в рецензируемых научных журналах и изданиях, 5 в материалах публикаций, индексируемых SCOPUS, так же получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение:.

1) Еременко Ю.И., Глущенко А.И., Фомин А.В., Петров В.А. О применении нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора для отработки возмущающих воздействий для объектов с различной динамикой // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2017. – № 4. – С.83-94.

2) Еременко Ю.И., Глущенко А.И., Фомин А.В. Сравнение работы адаптивной системы на основе нейронастройщика параметров ПИ-регулятора с системой автонастройки FB58 SimaticS7-300/400 // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2017. – № 6. – С.1-10.

3) Еременко Ю.И., Глущенко А.И., Фомин А.В. Лабораторное применение нейросетевого настройщика параметра ПИ-регулятора реализованного в Simatic Siemens S7 300/400 для тепловых объектов в различных режимах работы // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – №9. – С. 47-54.

4) Еременко Ю.И., Глущенко А.И., Фомин А.В. О применении нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора на тепловых объектах горно-металлургической отрасли в режиме отработки возмущений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №.12 – С.122-133.

5) Еременко Ю.И., Полещенко Д.А., Глущенко А.И., Фомин А.В. Об оценке применимости различных структур нейронной сети в реализации нейросетевого оптимизатора параметров ПИ-регулятора для управления тепловыми объектами // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – №3.2(57). – С. 236-241.

В опубликованных работах **авторский вклад** состоит в: разработке базы правил для нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора при настройке ПИ-регулятора печей отжига на переходном процессе при ступенчатом изменении задания, разработке способа компенсации влияния действующих на печь отжига возмущающих воздействий с применением нейросетевого настройщика, программной реализации нейросетевого настройщика на базе контроллеров Simatic Siemens S7 300/400 для печей отжига.

На диссертацию и автореферат поступило 5 положительных отзывов от:

1) Белоусова А.В., к.т.н., профессора, директора института энергетики, информационных технологий и управляющих систем ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технический университет» (г. Белгород); 2) Воронина А.А., д.ф.-м.н., профессора, заведующего кафедры «Фундаментальной информатики и оптимального управления» ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» (г. Волгоград); 3) Громова Ю.Ю., д.т.н., профессора, директора института автоматизации и информационных технологий «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов); 4) Столбова В.Ю. д.т.н., профессора кафедры вычислительной математики и механики ФГБОУ ВО «Пермский национальный

исследовательский политехнический университет» 5) Баркалова С.А. д.т.н., профессора, декана факультета экономики, менеджмента и информационных технологий, заведующего кафедрой «Управление строительством» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». (г. Воронеж).

#### Обзор замечаний:

1. Рассматриваемая в работе печь отжига металла в качестве топлива использует природный газ, при этом в математической модели контур регулирования газа отсутствует (Воронин А.А.).
2. Условия базы правил описаны словами, но для облегчения понимания можно применить специализированные способы написания алгоритмов (Громов Ю.Ю.).
3. Слабо обоснован выбор ПИ-закона управления (Воронин А.А.).
4. Не указаны требования к вычислительной мощности контроллеров, необходимой для функционирования системы адаптации (Белоусов А.В.).
5. Отсутствуют результаты сравнения предложенной системы управления с адаптируемыми параметрами ПИ-регулятора с другими подходами к управлению (Столбов В.Ю.).
6. Не ясно, каким образом осуществлялась настройка предложенной нейросети, а именно: почему была выбрана линейная функция активации нейронов, как выбирались обучающее и тестирующие множества при обучении нейросети, какова полученная точность при обучении? (Столбов В.Ю.).
7. Не указано, как обеспечивается непротиворечивость правил, реализованных в нейронастройщике (Баркалов С.А.)

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

-предложен метод автоматической адаптации для системы управления печами отжига, отличающийся применением нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора (05.13.06, п. 15);

-разработана база правил, обеспечивающая настройку параметров ПИ-регулятора при ступенчатой смене температурных уставок с учетом особенностей режимов нагрева и остывания, формально описывающая действия инженера-наладчика АСУ ТП (05.13.06, п. 15);

-предложен способ компенсации влияния возмущающих воздействий на печь отжига, основанный на коррекции параметров нейронной сети, в соответствии с динамикой возмущений (05.13.06, п. 15);

-разработан алгоритм, реализующий функцию динамической коррекции параметров нейронной сети настройщика, обеспечивающий адаптацию коэффициентов ПИ-регулятора; (05.13.06, п. 10);

-предложен программно-технический комплекс, реализующий систему адаптивного управления печью отжига на основе семейства программируемых логических контроллеров Simatic S7 300/400. (05.13.06, п. 10);

**Теоретическая значимость и новизна исследования** состоит в том, что:

- доказано, что синтез аппарата нейронных сетей и экспертных систем в задаче настройки ПИ-регулятора позволяет повысить качество управления печами отжига металла;
- применительно к проблематике диссертационного исследования результативно (то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы современной теории автоматического управления, интеллектуальные методы управления, такие как нейронные сети и экспертные системы;
- разработан метод автоматической адаптации для системы управления печами отжига, отличающийся применением нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора;
- разработана база правил для нейросетевого настройщика, обеспечивающая настройку параметров ПИ-регулятора при ступенчатом характере смены температурных уставок, учитывающая особенности режимов нагрева и охлаждения, формально описывающая действия инженера-наладчика АСУ ТП;
- предложен способ компенсации влияния возмущающих воздействий на печь отжига, основанный на коррекции параметров нейронной сети, в соответствии с динамикой возмущений.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** заключается в том, что:

- разработанный нейросетевой настройщик реализован в виде программно-технического комплекса, что значительно упрощает потенциальное внедрение для повышения качества регулирования на печах отжига;
- разработанная система прошла апробацию в составе АСУ ТП печей отжига металла АО «ОЭМК» и рекомендовано к дальнейшему внедрению, что подтверждено актом об использовании;

Предложенная в диссертационной работе адаптивная система управления может быть рекомендована для использования на предприятиях, имеющих в составе различные нагревательные печи (печи нагрева ПАО «НЛМК», АО «ММК», обжиговые машины АО «ЛГОК», цементные вращательные печи), для снижения брака, вызванного неточным регулированием, в научно-исследовательских и проектных организациях, занимающихся автоматизацией нагревательных печей, а также в учебном процессе ВУЗов, где проводится подготовка специалистов в области управления технологическими процессами металлургических производств.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила:

– теория построена на современных методах математического моделирования, современной теории автоматического управления, интеллектуальных методах управления;

– использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, средства компьютерного моделирования (Matlab Simulink), которые позволили доказать работоспособность полученной системы;

– проведение натуральных лабораторных экспериментов подтверждает работоспособность разработанной системы.

**Личный вклад** соискателя состоит в: анализе теплотехнологических особенностей нагревательных металлургических печей с точки зрения актуальности задачи адаптации; анализе применимости существующих методов настройки регуляторов на печах отжига; постановке целей и задач исследования; разработке адаптивной системы управления печью отжига на основе применения нейросетевого настройщика; разработке базы правил нейросетевого настройщика для переходных процессов при ступенчатой смене уставки; классификации возмущений и разработке базы правил для режима компенсации влияния возмущений; программно-технической реализации нейросетевого настройщика на базе программируемых логических контроллеров Siemens Simatic; разработке решений по практической реализации полученных результатов в составе действующей АСУ ТП; проведении моделирования и натуральных лабораторных экспериментов; подготовке публикаций по теме исследования.

Диссертация Фомина Андрея Вячеславовича не содержит недобросовестных заимствований и ссылок на неопубликованные работы автора, соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» и содержит решение актуальной задачи повышения качества управления непрерывными технологическими процессами путем более точной стабилизации характеристик процесса в регламентном режиме, которая достигается за счет внедрения в состав действующей АСУ ТП разработанной адаптивной системы управления печью отжига. Автор Фомин Андрей Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

На заседании от 06 июня 2018 г., протокол № 18, диссертационный совет принял решение присудить Фомину Андрею Вячеславовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации

05.13.06, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ  
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д 212.132.13, д.ф.-м.н., проф.



В.Е.КРИВОНОЖКО

УЧЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д 212.132.13, к.ф.-м.н.

А.В.ЛЫЧЕВ