

Протокол № 54

заседания диссертационного совета Д 212.064.02,
созданного при федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ)
от 9 декабря 2016 года

при защите диссертации Муравьева Игоря Константиновича
на тему «Совершенствование систем управления газотурбинными установками
энергоблоков при изменяющихся режимных и климатических факторах»
по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность),
на соискание ученой степени кандидата технических наук

На заседании присутствуют 20 членов диссертационного совета из 23:

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Тарарыкин Сергей Вячеславович (председатель) | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 2. Тютиков Владимир Валентинович (зам. председателя) | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 3. Сидоров Сергей Георгиевич (ученый секретарь) | канд. т. наук, 05.13.12 |
| 4. Анисимов Анатолий Анатольевич | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 5. Виноградов Анатолий Брониславович | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 6. Голубев Александр Николаевич | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 7. Казаков Юрий Борисович | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 8. Колганов Алексей Руфимович | д-р т. наук, 05.13.12 |
| 9. Косяков Сергей Витальевич | д-р т. наук, 05.13.12 |
| 10. Курнышев Борис Сергеевич | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 11. Мартынов Владимир Александрович | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 12. Пантелеев Евгений Рафаилович | д-р т. наук, 05.13.12 |
| 13. Ратманова Ирина Дмитриевна | д-р т. наук, 05.13.12 |
| 14. Салин Александр Григорьевич | д-р т. наук, 05.13.12 |
| 15. Староверов Борис Александрович | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 16. Таламанов Сергей Александрович | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 17. Тверской Юрий Семенович | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 18. Тихонов Андрей Ильич | д-р т. наук, 05.09.03 |
| 19. Целищев Евгений Сергеевич | д-р т. наук, 05.13.06 |
| 20. Шипко Михаил Николаевич | д-р т. наук, 05.13.06 |

а также официальные оппоненты, преподаватели, аспиранты и сотрудники ИГЭУ.

Председательствующий на заседании профессор Тарарыкин Сергей Вячеславович на основании явочного листа извещает членов Совета о правомочности заседания.

Списочный состав совета 23 человека. Присутствуют на заседании 20 членов совета из 23, в том числе докторов наук по специальности 05.13.06 – 7. Таким образом, Совет правомочен начать защиту. Разрешите считать заседание открытым.

Председательствующий объявляет о защите кандидатской диссертации Муравьева Игоря Константиновича на тему «Совершенствование систем управления газотурбинными установками энергоблоков при изменяющихся режимных и климатических факторах». Диссертация принята к защите решением диссертационного

совета от 4 октября 2016 года, протокол № 51.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Тверской Юрий Семенович, профессор кафедры «Системы управления» ИГЭУ.

Официальные оппоненты:

- Аракелян Эдик Койрунович – доктор технических наук, профессор, НИУ «Московский энергетический институт», профессор кафедры «Автоматизированные системы управления тепловыми процессами»
- Коростелёв Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), г. Москва.

Ученый секретарь диссертационного совета кратко докладывает об основном содержании документов соискателя и сообщает членам Совета, что все документы соответствуют установленным требованиям.

Соискатель излагает основные положения диссертации и отвечает на вопросы членов совета: Целищева Е.С., Салина А.Г., Таламанова С.А., Ратмановой И.Д., Тихонова А.И., Тютикова В.В., Староверова Б.А., Виноградова А.Б. Курнышева Б.С., Тарарыкина С.В., Анисимова А.А.

После технического перерыва выступает **научный руководитель Тверской Ю.С.**

Ученый секретарь оглашает **заключение организации, где выполнялась работа**, оформленное в виде выписки из протокола расширенного заседания кафедры «Электроника и микропроцессорные системы» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».

Ученый секретарь оглашает **отзыв ведущей организации** – Открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), г. Москва.

Диссертационная работа и отзыв на диссертацию рассмотрены на расширенном научно-техническом совете лаборатории автоматизации тепломеханического оборудования ТЭС ОАО «ВТИ» 18 октября 2016 года (Протокол НТС ЛАО № 5 от 18.10.2016г.

Отзыв подписала кандидат технических наук, директор по научной работе ОАО «ВТИ», заведующая лабораторией автоматизации тепломеханического оборудования ТЭС ОАО «ВТИ» Зорченко Наталья Викторовна и утвердил Первый заместитель Генерального директора, Научный руководитель ОАО «ВТИ», доктор технических наук Анатолий Григорьевич Тумановский. (Отзыв прилагается).

Учёный секретарь сообщает присутствующим, что на автореферат диссертации поступило 14 отзывов, все отзывы положительные. С разрешения членов совета ученый секретарь оглашает замечания, содержащиеся в отзывах.

Соискатель отвечает на замечания ведущей организации и на замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат.

Зачитывается отзыв **официального оппонента Аракеляна Э.К.**, отсутствующего по уважительной причине. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

Выступает **официальный оппонент Коростелёв В.Ф.** Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

В дальнейшей дискуссии приняли участие члены совета: Целищев Е.С., Таламанов С.А., Староверов Б.А.

Совет переходит к тайному голосованию. Избирается счетная комиссия из трех членов совета: Косяков С.В., Таламанов С.А., Виноградов А.Б.

После проведения тайного голосования председатель счётной комиссии Косяков С.В. объявляет членам диссертационного совета результаты тайного голосования.

Из 23 членов диссертационного совета на заседании присутствовали 20, из них докторов наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» – 7.

Роздано бюллетеней – 20.

Осталось нерозданных бюллетеней – 3.

Оказалось в урне бюллетеней – 20.

Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата технических наук Муравьеву Игорю Константиновичу подано голосов:

«за» – 20, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Совет открытым голосованием единогласно («за» – 20, «против» – нет) утверждает протокол счетной комиссии и результаты голосования.

Председательствующий поздравляет соискателя Муравьева И.К. с присуждением ему ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационный совет переходит к обсуждению проекта заключения. После обсуждения и внесения редакционных поправок Совет открытым голосованием единогласно принимает следующее заключение:

Заключение диссертационного совета Д 212.064.02 на базе

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

решение диссертационного совета от 09 декабря 2016 г. № 54

О присуждении Муравьеву Игорю Константиновичу, гражданину России ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование систем управления газотурбинными установками энергоблоков при изменяющихся режимных и климатических факторах» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» принята к защите 4 октября 2016 г., протокол № 51 диссертационным советом Д 212.064.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России, 153003,

г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34. Диссертационный совет утвержден приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Муравьев Игорь Константинович 1988 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ).

В 2014 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по очной форме обучения.

Работает в должности старшего преподавателя кафедры «Системы управления» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Системы управления» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук Тверской Юрий Семенович, профессор кафедры «Системы управления» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».

Официальные оппоненты:

– Аракелян Эдик Койрунович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», профессор кафедры «Автоматизированные системы управления тепловыми процессами»,

– Коростелев Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ») (г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном Зорченко Натальей Викторовной, кандидатом технических наук, научным сотрудником, директором по научной работе, ведущей лабораторией «Автоматизация тепломеханического оборудования ТЭС» и утвержденном доктором технических наук, первым заместителем генерального директора, научным руководителем ОАО «ВТИ» Тумановским Анатолием Григорьевичем указала, что диссертация И.К. Муравьева является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему на достаточно высоком научно-техническом уровне. Работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, а ее автор, Муравьев И.К., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 19, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4 статьи, 1 патент РФ на полезную модель, общим объемом 10,59 п.л., авторский вклад – 6,21 п.л. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Муравьев И.К. Математическая модель энергоблока ПГУ-325 и ее исследование для расчета КПД установки / Ю.С. Тверской, И.К. Муравьев // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2011. – Вып.5. – С. 12-18.

2. Муравьев И.К. Об одном способе обеспечения расчетной эффективности энергоблоков ПГУ / Ю.С. Тверской, И.К. Муравьев // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – Вып.1. – С. 30-36.

3. Муравьев И.К. Исследование на математической модели эффективности совместной работы газовой и паровой турбин энергоблока с ПГУ / И.К. Муравьев, Ю.С. Тверской // Автоматизация в промышленности. – 2016. – №1. – С.53-57.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов из организаций: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (подписал д-р т. наук, профессор кафедры «Тепловые электрические станции» Щинников П.А.); ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (подписали д-р т. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», руководитель НИЛ «Теплоэнергетические системы и установки» Шарапов В.И. и канд т. наук, доцент, доцент кафедры «ТГВ» Замалеев М.М.); ООО «Тренажеры для электростанций», г. Москва (подписал канд т. наук, заместитель генерального директора Обуваев А.С.); ООО «Инженерный центр-Газотурбинные технологии», г. Москва (подписал д-р т. наук, профессор, президент компании Копсов А.Я.); ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени П.И. Платова», г. Новочеркасск (подписали д-р т. наук, профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника» Ефимов Н.Н. и канд т. наук, доцент кафедры Шестаченко И.Я.); ООО «Система контроля и управления», г. Владимир (подписал генеральный директор Соловьев М.Ю.); Филиал ПАО «ОГК-2»-Киришская ГРЭС, г. Кириши (подписали канд т. наук, начальник цеха наладки и испытаний Андреев Н.В. и канд т. наук, директор Филиала Андреев Ю.В.); ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» (подписал д-р т. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация процессов химической промышленности» Русинов Л.А.); Филиал «Калининградская ТЭЦ-2» АО «Интер РАО-Электрогенерация» (подписал канд т. наук, директор Филиала Гурылев О.Ю.); ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» (подписал д-р т. наук, профессор кафедры «Бизнесинформатика» Денисов А.Р.); ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет» (подписал д-р т. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств» Гильфанов К.Х.); ООО «ПЛАЗАРИУМ», г. Москва (подписал канд т. наук, генеральный директор Тверской В.С.); ЗАО «Интеравтоматика», г. Москва (подписал д-р т. наук, ст.н.с., технический директор Биленко В.А.); Филиал «Ивановские ПГУ» АО «Интер РАО-Электрогенерация» (подписал канд т. наук, заместитель главного инженера по газовой турбине Будаков И.В.).

Основные замечания, содержащиеся в отзывах, связаны с неполнотой использования результатов обобщенного термодинамического анализа, отсутствием результатов исследований влияний режимных и климатических факторов проведенных на моделях энергоблоков с парогазовыми установками (ПГУ) мощностью 450 МВт и 420 МВт, с оценкой погрешности расчета массового расхода воздуха поступающего в компрессор газотурбинной установки (ГТУ), а также отсутствием данных по работе модели ПГУ-325 в диапазоне нагрузок ГТУ ниже 75 МВт.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием критериям, предъявляемым пунктами 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней», а также их широкой известностью своими достижениями в теоретических и экспериментальных исследованиях в области современных проблем автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, которые позволяют им квалифицированно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новый способ управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ при изменяющихся внешних климатических-и режимных условиях путем стабилизации массового расхода воздуха на заданном уровне и соответствующей коррекции теплового потока за ГТУ, устройство регулирования массового расхода воздуха в компрессор ГТУ и АСР мощности ГТУ энергоблока (подачи воздуха в компрессор и топлива в камеру сгорания ГТУ) и методика ее настройки;

предложены всережимная математическая модель энергоблока ПГУ, реализованная в виде полимодельного комплекса с инвариантной и варьируемой частями; имитационная модель ПГУ и методика настройки полимодельного комплекса ПГУ при изменяющихся внешних климатических и режимных условиях; направления использования методики обобщенного термодинамического анализа для определения вектора управляемых параметров ПГУ; методика оценки меры адекватности нелинейных математических моделей (полимодельного комплекса) с использованием реальных трендов из архива АСУТП энергоблока в широком диапазоне нагрузок и изменяющихся внешних климатических факторах с определением соответствующих численных оценок.

доказаны: необходимость учета изменения массового расхода воздуха в математической модели оборудования энергоблоков с ПГУ и при структурном синтезе многосвязной АСР мощности ГТУ; адекватность нелинейных математических моделей (полимодельных комплексов), следующая из сравнения с реальными трендами из архива АСУТП энергоблока в нормальном диапазоне рабочих нагрузок и изменяющейся температуре наружного воздуха.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1) показана возможность адаптации парогазовых технологий к изменениям климатических факторов путем автоматической стабилизации заданного уровня массового расхода воздуха и соответствующей коррекции теплового потока за ГТУ;

2) **предложено** математическое описание обобщенных термодинамических координат энергоблоков с ПГУ и определен состав вектора управляемых параметров сложного ТОО для структурного синтеза многосвязной АСР мощности ГТУ;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы: методы теории автоматического управления, обобщенного термодинамического анализа, тепломассообмена, математического моделирования и вычислительного эксперимента;

изложены: пути и методы совершенствования сквозной технологии создания многофункциональных АСУТП электростанций; способ управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ при изменяющихся внешних климатических и режимных условиях; структура системы управления для повышения эффективности ПГУ энергоблоков;

раскрыта технология использования разработанных моделей (полимодельных комплексов) на ранних стадиях проектирования АСУТП для оценки соответствия заданной (декларированной) эффективности работы технологического оборудования фактическим климатическим условиям эксплуатации; технологическая эффективность предложенного способа управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ;

изучены основные факторы, влияющие на показатели технической эффективности тепломеханического оборудования энергоблоков ПГУ с помощью методов обобщенного термодинамического анализа;

разработана система автоматического регулирования подачи топлива в камеру сгорания, воздуха в компрессор ГТУ и управления ее активной мощностью в составе АСУТП энергоблока ПГУ.

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

разработаны новый принцип управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ при изменяющихся внешних климатических и режимных условиях; полимодельный комплекс энергоблоков ПГУ, отличающийся тем, что в процессе настройки уточняются параметры изменяемой (варьируемой) части, а ее инвариантная часть остается без изменений, что существенно сокращает время настройки сложных многопараметрических моделей на конкретный тип оборудования ПГУ энергоблока; устройство регулирования массового расхода воздуха в компрессор ГТУ и АСР мощности ГТУ энергоблока (подачи воздуха в компрессор и топлива в камеру сгорания ГТУ) и методика ее настройки;

внедрена автоматизированная система научных исследований «Полимодельный комплекс энергоблоков с ПГУ» в учебно-научный процесс ИГЭУ в лаборатории «Полигон АСУТП электростанций» и «Учебно-тренажерный центр автоматизированных ПГУ», входящих в состав Учебно-научного центра «АСУТП в энергетике» кафедры систем управления, при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов по направлениям «Управление в технических системах», «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

определены условия гарантированного повышения эффективности ПГУ энергоблоков при изменении режимных и климатических факторов, требующие обеспечения стабилизации массового расхода воздуха и коррекции теплового потока перед котлом утилизатором;

создан полимодельный комплекс энергоблока с ПГУ, отличающийся расширенной структурой математической модели с выделенной инвариантной и варьируемой частями, позволяющий исследовать влияние внешних и режимных факторов на основные параметры энергоблока, в том числе - технико-экономические показатели;

представлена новая структура системы управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ – результаты исследований, полученные на основе компьютерного моделирования с использованием разработанных математических моделей, показывают согласованность результатов вычислительных экспериментов с данными промышленной эксплуатации, режимными картами, тепло-гидравлическими расчетами оборудования;

теоретические результаты работы подтверждаются корректным применением методов теории автоматического управления, обобщенного термодинамического анализа, математического моделирования и вычислительного эксперимента;

идеи базируются на анализе результатов патентно-информационного поиска в области способов управления режимами работы энергоблоков ПГУ и собственных поисковых исследованиях путем математического моделирования;

использованы опубликованные результаты исследований других авторов, касающиеся вопросов обобщенного термодинамического анализа, математического моделирования и разработки автоматических систем регулирования и управления энергоблоков ТЭС;

установлено соответствие данных, полученных в ходе моделирования и вычислительных экспериментов, данным независимых источников.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все результаты исследований, выносимые на защиту и изложенные в тексте диссертации, получены лично автором, либо при его непосредственном участии.

Анализ полученных результатов проведен автором совместно с научным руководителем. В том числе – способ и устройство стабилизации массового расхода воздуха на входе в компрессор ГТУ, способ и система автоматического управления мощностью ГТУ энергоблока ПГУ, математическая и имитационная модели энергоблока с ПГУ, методика многопараметрической настройки нелинейной математической модели на заданный режим и оценка меры адекватности полимодельного комплекса при изменяющихся внешних и режимных условиях; развитие методики обобщенного термодинамического анализа эффективности тепломеханического оборудования применительно к энергоблокам с ПГУ.

Практическая реализация и все вычислительные эксперименты проведены на полимодельном комплексе энергоблоков с ПГУ лично автором.

На заседании 9 декабря 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по совершенствованию системы управления газотурбинными установками энергоблоков, обеспечивающие повышение эффективности энергоблоков с ПГУ, что соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями от 21.04.2016г. №335), в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, и принял решение присудить Муравьеву Игорю Константиновичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: "за" – 20, "против" – нет, недействительных бюллетеней – нет.

На этом заседание считается закрытым.

Председатель
диссертационного совета



Тарарыкин Сергей Вячеславович

Учёный секретарь
диссертационного совета

Сидоров Сергей Георгиевич