

Протокол № 148

заседания диссертационного совета Д 212.064.01,
созданного при федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ),

от 2 октября 2020 года

при защите диссертации Барочкина Юрия Евгеньевича

на тему «Совершенствование технологических систем ТЭС с применением
кавитационно-струйного деаэратора», по специальности 05.14.14 – «Тепловые
электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Присутствовали 17 членов диссертационного совета из 23:

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Шуин Владимир Александрович (председатель) | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 2. Ларин Борис Михайлович (зам. председателя) | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 3. Бушуев Евгений Николаевич (и.о.ученого секретаря) | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 4. Барочкин Евгений Витальевич | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 5. Бухмиров Вячеслав Викторович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 6. Голубев Александр Николаевич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 7. Горбунов Владимир Александрович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 8. Елин Николай Николаевич | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 9. Жуков Владимир Павлович | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 10. Ледуховский Григорий Васильевич | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 11. Мизонов Вадим Евгеньевич | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 12. Очков Валерий Федорович | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 13. Савельев Виталий Андреевич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 14. Соколов Анатолий Константинович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 15. Сокольский Анатолий Иванович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 16. Тихонов Андрей Ильич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 17. Шувалов Сергей Ильич | д-р техн. наук, 05.14.14 |
- а также официальные оппоненты.

Председательствующий Шуин В.А. на основании явочного листа извещает членов Совета о правомочности заседания. Списочный состав совета 23 человека. Присутствуют на заседании 17 членов совета из 23, в том числе докторов наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» – 7. Таким образом, Совет правомочен начать защиту.

Заседание считается открытым.

Председательствующий извещает присутствующих, что на данном заседании обязанности Ученого секретаря временно исполняет член диссертационного совета д-р техн. наук Бушуев Е.Н. (Приказ ректора ИГЭУ №107а от 02.09.2020г.)

Председательствующий объявляет о защите кандидатской диссертации Барочкина Юрия Евгеньевича на тему «Совершенствование технологических систем ТЭС с

применением кавитационно-струйного деаэратора».

Диссертация принята к защите решением диссертационного совета от 26 марта 2020 г., протокол № 144.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Ледуховский Григорий Васильевич, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Ивановского государственного энергетического университета.

Официальные оппоненты:

– д-р техн. наук, профессор Лаптев Анатолий Григорьевич, заведующий кафедрой «Технология воды и топлива» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;

– д-р физ.-мат. наук, профессор Капранова Анна Борисовна, заведующий кафедрой «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет».

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Слово предоставляется и.о. Ученого секретаря Бушуеву Евгению Николаевичу, который кратко докладывает об основном содержании представленных документов. (копии диплома о высшем образовании, копии диплома об окончании аспирантуры, содержащего сведения о результатах освоения программы подготовки научно-педагогических кадров и сданных дисциплинах, а также заключения организации, где выполнялась работа) и сообщает присутствующим, что все представленные документы соответствуют установленным требованиям.

Соискатель излагает основные положения диссертации и отвечает на вопросы членов совета: Ларина Б.М., Елина Н.Н., Мизонова В.Е., Тихонова А.И., Жукова В.П., Соколова А.К.

Объявляется технический перерыв. После технического перерыва совет продолжает свою работу.

Выступает научный руководитель Ледуховский Григорий Васильевич.

И.о. Ученого секретаря оглашает заключение организации, где выполнялась работа, оформленное в форме выписки из протокола № 7 расширенного заседания кафедры «Тепловые электрические станции» от 20 февраля 2020 г.

И.о. Ученого секретаря оглашает отзыв ведущей организации ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

И.о. Ученого секретаря извещает членов совета, что на автореферат диссертации поступило 6 отзывов:

1. Белорусский национальный технический университет, г. Минск;
2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;
3. ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева»;
4. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»;

5. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

6. Ивановская ТЭЦ-3 филиала «Владимирский» ПАО «Т Плюс», г. Иваново.

Все отзывы положительные. С согласия членов совета И.о. Ученого секретаря делает обзор замечаний, содержащихся в отзывах на автореферат.

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

Слово предоставляется официальному оппоненту Лаптеву Анатолию Григорьевичу. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

Слово предоставляется официальному оппоненту Капрановой Анне Борисовне. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

В дальнейшей дискуссии участвуют члены диссертационного совета: Ларин Б.М., Мизонов В.Е., Елин Н.Н.

После заключительного слова соискателя диссертационный совет переходит к тайному голосованию. Единогласно избирается счетная комиссия из трех членов совета: Савельев В.А., Очков В.Ф., Голубев А.Н.

После проведения тайного голосования председатель счетной комиссии совета Савельев В.А. оглашает протокол счетной комиссии с результатами голосования:

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 23 человек.

Присутствовало на заседании 17 членов совета, в том числе докторов наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» – 7.

Выдано бюллетеней – 17. Осталось не выданных бюллетеней – 6. Оказалось в урне бюллетеней – 17.

Результаты голосования по вопросу о присуждении Барочкину Юрию Евгеньевичу ученой степени кандидата технических наук подано голосов: «за» – 17, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Совет открытым голосованием единогласно («за» – 17, «против» – нет) утверждает протокол счетной комиссии и результаты голосования.

Председательствующий поздравляет соискателя Барочкина Ю.Е. с присуждением ему ученой степени кандидата технических наук.

Совет переходит к обсуждению проекта заключения. После обсуждения и внесения редакционных поправок Совет открытым голосованием единогласно («за» – 17, «против» – нет) принимает следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.064.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Ивановский
государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
решение диссертационного совета от 02 октября 2020 г. № 148

О присуждении **Барочкину Юрию Евгеньевичу**, гражданину России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологических систем ТЭС с применением ка-

витационно-струйного деаэрата» по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» принята к защите 26 марта 2020 г. (протокол заседания № 144) диссертационным советом Д 212.064.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) Минобрнауки России, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34, приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Барочкин Юрий Евгеньевич 1988 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) по программе специалитета.

В 2019 году соискатель окончил аспирантуру ИГЭУ по очной форме обучения.

Работает в должности старшего преподавателя кафедры «Тепловые электрические станции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Тепловые электрические станции» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук Ледуховский Григорий Васильевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции».

Официальные оппоненты:

– Лаптев Анатолий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», заведующий кафедрой «Технология воды и топлива»;

– Капранова Анна Борисовна, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Теоретическая механика и сопротивление материалов», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск, в своем положительном отзыве, подписанном Замалеевым Мансуром Масхутовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», Пазушкиной Ольгой Владимировной, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Ротовым Павлом Валерьевичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», и утвержденном временно исполняющим обязанности ректора, доктором технических наук, профессором Ярушкиной Надеждой

Глебовной, указала, что диссертационная работа является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по повышению эффективности деаэрации теплоносителя в отдельных технологических системах и установках ТЭС за счет применения кавитационно-струйного деаэратора, имеющие существенное значение для развития энергетической отрасли. Диссертация соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в актуальной редакции) по кандидатским диссертациям, а ее автор, Барочкин Юрий Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные новые научные результаты и методики их практического применения рекомендуется использовать: в организациях, эксплуатирующих теплоэнергетические установки и системы (электростанции, паровые котельные, теплотехнологические установки с системами возврата конденсата) при решении задач обеспечения качественной защиты оборудования от коррозии в тех случаях, когда применение деаэраторов традиционных типов не возможно из-за отсутствия греющего пара или нецелесообразности его применения или же по массогабаритным характеристикам; в проектных организациях при выборе эффективных технических решений в области деаэрационных технологий; в организациях, занимающихся испытаниями и наладкой деаэраторов перегретой воды, в частности кавитационно-струйных деаэраторов, а также при выполнении реконструкций и модернизаций действующего энергетического оборудования.

Соискатель имеет 20 опубликованных печатных работ по теме диссертации общим объемом 8,62 печатных листа, авторский вклад – 2,12 печатных листа, из них 8 публикаций – в изданиях по Перечню ВАК РФ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. **Барочкин, Ю.Е.** Разработка математической модели процесса деаэрации перегретой воды при её попадании в зону разрежения / **Ю.Е. Барочкин**, Г.В. Ледуховский, В.П. Жуков [и др.] // Вестник ИГЭУ, 2018, вып. 5. с. 5-11 (0,88/0,22) *(в работе предложена основанная на термодинамическом подходе математическая модель процесса деаэрации перегретой воды при её попадании в зону разрежения; проведена оценка адекватности модели на основе результатов экспериментальных исследований; выполнено уточнение модели путем введения эмпирических поправок в рамках теории подобия процессов теплообмена, а также методами регрессионного анализа и математической статистики; проведен анализ показателей точности и адекватности полученных моделей на основе экспериментальных данных);*

2. Ледуховский, Г.В. Повышение эффективности технологических систем ТЭС с применением кавитационных деаэрационных устройств / Г.В. Ледуховский, **Ю.Е. Барочкин**, В.Н. Виноградов [и др.] // Вестник ИГЭУ, 2018, вып. 1. с. 5-13 (1,13/0,28) *(в рамках работы проведены исследования по определению показателей эффективности применения кавитационно-струйного деаэратора в технологических системах ТЭС, по результатам которых выявлена область целесообразного использования*

деаэраторов рассматриваемого типа);

3. Ледуховский, Г.В. Деаэрация воды в системах водяного охлаждения обмотки статора турбогенератора с водородно-водяным охлаждением / Г.В. Ледуховский, **Ю.Е. Барочкин**, В.П. Жуков [и др.] // Теплоэнергетика, 2018, № 10. с. 89-95 (0,88/0,18) (в статье выполнена оценка эффективности применения кавитационно-струйного деаэратора в системах водяного охлаждения обмотки статора на основе разработанной математической модели десорбции растворенного кислорода в деаэраторах перегретой воды, проведен анализ влияния массовой концентрации растворенного кислорода в охлаждающей воде на скорость процессов коррозии меди).

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов из организаций: Белорусский национальный технический университет, г. Минск (подписал д-р техн. наук, профессор Н.Б. Карницкий, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции»); ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (подписали: д-р техн. наук, профессор А.А. Кудинов, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции»; канд. техн. наук, доцент С.К. Зиганшина, заместитель заведующего той же кафедрой); ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева» (подписали: д-р техн. наук, доцент А.А. Гвоздев, профессор кафедры «Технический сервис и механика», руководитель НТО Центра «ДОКТОР – ДИЗЕЛЬ Плюс»; д-р техн. наук, доцент С.Ф. Смирнов, старший преподаватель той же кафедры); ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (подписал д-р техн. наук, профессор С.П. Бобков, профессор кафедры информационных технологий и цифровой экономики); ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (подписал канд. техн. наук, доцент А.А. Дудолин, первый заместитель заведующего кафедрой тепловых электрических станций); Ивановская ТЭЦ-3 филиала «Владимирский» Публичного акционерного общества «Т Плюс», г. Иваново (подписал И.Н. Исаков, технический директор).

Основные замечания, содержащиеся в отзывах, не носят критического характера и касаются полноты отражения результатов работы в выводах по диссертации, представления результатов исследований на графиках, условий эффективного применения кавитационно-струйного деаэратора, обоснования выбранных методов моделирования гидродинамики течения среды в активной зоне деаэратора и сделанных при этом допущений, влияния на показатели эффективности конструктивных характеристик деаэратора, различий в эффективности деаэрации воды в деаэраторах рассматриваемого типа и вакуумных деаэраторах классической конструкции, целесообразности организации многостадийной деаэрации с применением аппаратов рассматриваемого типа.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием критериям, предъявляемым пунктами 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней», а также их научно-исследовательской деятельностью и публикационной активностью в области теоретических и экспериментальных исследованиях процессов очистки воды от газовых примесей, кавитационных процессов в жидкостях, эффективности технологических систем энергоустановок, что позволяет им квалифицированно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны: *математическая модель* процесса деаэрации воды в устройствах, работающих без подачи греющего теплоносителя при вскипании попадающей в зону разрежения перегретой воды; *имитационная модель* активной зоны кавитационно-струйного деаэратора, реализованная в программном комплексе FlowVision и позволяющая определять влияющие на эффективность деаэрации воды характеристики потоков воды и парогазовой смеси при изменении конструкции элементов, режима подачи исходной воды и отвода выпара; *математическая модель* кавитационно-струйного деаэратора, позволяющая определять эффект деаэрации для заданного теплогидравлического режима с учетом показателей работы тракта отсоса выпара;

предложены и обоснованы оригинальные технические решения по повышению эффективности деаэрации теплоносителя в отдельных технологических системах и установках тепловых электрических станций за счет интеграции в них кавитационно-струйного деаэратора;

доказаны: *эффективность* применения разработанной математической модели при расчете процесса деаэрации перегретой воды, попадающей в зону разрежения; *перспективность* распространения полученного математического описания на аппараты других конструкций и их отдельные элементы;

введено обоснование эффективности применения кавитационно-струйного деаэратора в технологических системах и установках тепловых электрических станций при невозможности применения деаэраторов традиционных типов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано определяющие влияние на эффективность деаэрации воды в устройствах, работающих при попадании перегретой воды в зону разрежения без подачи греющего теплоносителя, начального перегрева воды и параметров работы тракта отсоса выпара;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы и программные средства вычислительной гидрогазодинамики; математического и физико-математического моделирования теплоэнергетического оборудования; теории абсорбции; балансовых расчетов энергетических установок;

изложены: *результаты обобщения* экспериментальных данных об эффективности массообменных процессов в деаэрационных устройствах, работающих при вскипании перегретой воды; *основные положения* разработанных имитационной модели активной зоны кавитационно-струйного деаэратора и математической модели процесса деаэрации воды в нем;

раскрыты: *схемные и режимные аспекты* технических решений, обеспечивающих эффективное применение кавитационно-струйного деаэратора в технологических системах тепловых электрических станций; *способы* повышения массообменной и энергетической эффективности кавитационно-струйного деаэратора;

изучены: *влияние* режимных параметров кавитационно-струйного деаэратора на эффективность деаэрации воды; *эффективность* деаэрации теплоносителя в технологических системах тепловых электрических станций при включении в них кавитационно-струйного деаэратора;

проведена модернизация математической модели процесса деаэрации при попадании перегретой воды в зону разрежения путем введения дополнительного параметра идентификации, определенного по экспериментальным данным и комплексно учитывающего влияние относительной гидравлической нагрузки деаэратора и перегрева воды на входе в деаэратор относительно температуры насыщения в его активной зоне.

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

разработано и принято в качестве типовой технологической схемы реконструкции ЗАО «Управляющая компания объединенного петербургского энергостроительного консорциума» (г. Санкт-Петербург) техническое решение с установкой кавитационно-струйного деаэратора в схему основного конденсата конденсационных установок теплофикационных паровых турбин; **разработано и принято к использованию на ТЭЦ** Индустриального парка «Родники» (ЗАО «Родниковская энергетическая компания», г. Родники Ивановской обл.) техническое решение с установкой кавитационно-струйного деаэратора в схему возврата конденсата пара отдаленных внешних потребителей;

определены пределы и перспективы практического использования разработанной математической модели деаэрации перегретой воды, попадающей в зону разрежения, при решении практических задач повышения эффективности деаэрации теплоносителя в технологических системах и установках тепловых электрических станций;

создана система практических рекомендаций, способствующих эффективному применению кавитационно-струйного деаэратора в конденсационных установках паровых турбин, системах водяного охлаждения обмотки статора турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением, а также в системах возврата конденсата внешних потребителей пара тепловых электрических станций;

представлены рекомендации для более эффективного уровня организации эксплуатации кавитационно-струйных деаэраторов и проектирования деаэрационных установок на их основе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ подтверждается получением экспериментальных данных в условиях промышленной эксплуатации теплоэнергетических установок и их отдельных технологических систем; воспроизводимостью результатов, полученных для нескольких объектов исследования в различных условиях их работы;

теория построена на апробированных методах моделирования процессов термической деаэрации воды и технико-экономического анализа теплоэнергетических установок, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на критическом анализе опыта применения технологий термической деаэрации воды в технологических системах и установках тепловых электрических станций, а также на обобщении методов математического моделирования процессов деаэрации и кавитации;

использовано сопоставление авторских данных, представленных в диссертации, и опубликованных данных, полученных другими исследователями, работающими в области термической деаэрации воды;

установлено качественное и количественное совпадение результатов расчетов, выполненных с использованием разработанной математической модели, с результатами экспе-

риментальных исследований деаэраторов перегретой воды различных конструкций и условий эксплуатации, в том числе с экспериментальными данными, не включенными в выборочную совокупность при разработке математической модели;
использованы современные методики сбора и обработки исходной информации; представительные выборочные совокупности экспериментальных данных; сопоставление результатов исследования по объектам, различающимся по конструкции и условиям эксплуатации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке в программном комплексе FlowVision имитационной модели активной зоны кавитационно-струйного деаэратора, проведении численных экспериментов при использовании этой модели и анализе полученных результатов; в обобщении экспериментальных данных о процессе деаэрации при попадании перегретой воды в зону разрежения; в модернизации математической модели процесса деаэрации воды в кавитационно-струйном деаэраторе путем введения дополнительного параметра идентификации, определенного по экспериментальным данным; в проведении исследований эффективности деаэрации теплоносителя при включении в них кавитационно-струйного деаэратора в технологические системы основного конденсата конденсационных установок паровых турбин и водяного охлаждения обмотки статора турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением; в разработке и исследовании технических решений по повышению эффективности деаэрации теплоносителя в технологических системах возврата конденсата пара внешних потребителей; в вовлеченном участии при выполнении работ по всем направлениям практической реализации результатов; в подготовке публикаций по теме диссертации.

На заседании 2 октября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Барочкину Ю.Е. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 17, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

На этом заседании диссертационного совета считается закрытым.

Председатель
диссертационного совета

И.о. Ученого секретаря
диссертационного совета

Подписи Шуина В.А. и Буш
заверяю,
Ученый секретарь Совета

Шуин Владимир Александрович

Бушуев Евгений Николаевич

Ширяева Ольга Алексеевна

