

## ОТЗЫВ

официального оппонента Егошиной Ольги Вадимовны  
на диссертацию Зидихановой Аиды Альбертовны  
«Исследование и разработка аминоксодержащих водно-химических режимов  
теплоэнергетических установок»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.4.5 - Энергетические системы и комплексы

### **Актуальность темы и общая работы**

В настоящее время на тепловых электростанциях с барабанными котлами и котлами-утилизаторами (ПТУ и ПГУ) всё большее применение находит водно-химический режим с дозированием комплексных реагентов, содержащих плёнкообразующие амины. Этот ВХР для барабанных котлов стал применяться как альтернатива по отношению к традиционным ВХР с использованием аммиака или аммиака и гидразина в конденсатно-питательном тракте и фосфатов или NaOH для обработки котловой воды. К преимуществам использования комплексных реагентов относятся: уменьшение количества дозируемых реагентов – обычно используется один реагент; снижение продувки; уменьшение скорости коррозии и образования отложений; отпадает необходимость проведения консерваций при длительном простое оборудования. В России и за рубежом (Германия, Голландия, Белоруссия, Великобритания, США, и др.) наибольшее распространение получили следующие марки комплексных реагентов, которые производятся за рубежом: Helamin, Cetamine, Finamin, Anodamine. Развитием норм качества водного теплоносителя и требований к организации аминного ВХР было издание в 2009 году СТО ВТИ 37.003-2009 Методические указания по предпусковой водно-химической отмывке и консервации высокомолекулярными аминами типа хеламин с диспергатором котлов-утилизаторов и трубопроводов блоков парогазовых и отопительных

газотурбинных установок ТЭЦ, определившего нормы качества питательной, котловой воды и пара, точки ввода раствора реагентов, условия ведения ВХР для разного типа паровых котлов и блоков ПГУ. Однако, как в первом, так и во втором случае, нерешенными остались вопросы состава и качества дозируемых комплексных реагентов и их оптимальных концентраций, вопросы организации автоматического контроля теплоносителя по пароводяному тракту энергоблока. Отмечались аварийные ситуации при использовании аминных ВХР.

Таким образом, тема диссертационной работы является весьма *актуальной*. Названные обстоятельства определяют цель и задачи работы, в отношении которых следует отметить направленность на разработку, взамен импортных, новых отечественных реагентов ВТИАМИН способных работать в широком диапазоне температур воды и пара при разных тепловых схемах и качестве питательной воды энергетических котлов.

Принятый подход полностью отвечает паспорту специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы», а способ его реализации состоящий, прежде всего, в разработке компонентного состава комплексного реагента, методике исследований и полученных результатах на модельных растворах и в промышленных условиях – представляет *научную новизну* диссертационной работы.

*Практическая ценность* работы представлена результатами опытно-промышленных испытаний новых реагентов ВТИАМИН на паровых энергетических котлах и котлах-утилизаторах ПГУ, а также предложением норм дозирования реагентов и качества водного теплоносителя. Важно отметить аттестацию методики контроля аминных реагентов, полученных автором в составе коллектива ООО «Водные технологии». Такая методика в сочетании с традиционными методами контроля качества воды, скорости коррозии металла и степени защиты поверхностей теплообмена обеспечивает *достоверность и обоснованность результатов* использования новых реагентов при сравнении их с импортными аналогами.

**Обоснованность и достоверность** научных положений и полученных результатов подтверждается использованием апробированных методов и средств физического моделирования химико-технологических процессов теплообменного оборудования, достоверных расчетных методик и методик химического анализа подпиточной, питательной и котловой воды, и пара, ГОСТИрованных методик оценки скорости коррозии, а также совпадением, в пределах погрешности экспериментальных данных, значений отдельных показателей, полученными разными методами, в т.ч., другими авторами.

Высокая степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением классических методов высокотемпературных исследований, методик химического анализа водных сред и поверхностей нагрева, сравнением отдельных результатов, в том числе, результатов ОПИ, с результатами применения импортных реагентов.

*Личное участие автора* представлено опубликованными статьями и материалами научно-технических конференций, вполне достаточными для кандидатской диссертации.

### **Оценка содержания работы**

**В первой главе** приведен анализ состояния вопроса, дана оценка типам ВХР и их эффективности для паровых котлов разных давлений, включая котлы-утилизаторы ПГУ. Особенно отмечены результаты использования импортных аминных реагентов и характер их взаимодействия с поверхностью теплообмена. Определена цель и задачи исследования.

**Во второй главе** представлена методика исследования, отвечающая задаче выбора термостойких индивидуальных пленкообразующих аминов (ПОА), обеспечивающих лучшую эффективность защиты поверхностей внутренних поверхностей котлов в водном растворе с нейтрализующими аминами и дисперсантом. Для лабораторных исследований разработана методика с использованием автоклава, обеспечивающего нагрев капсул с раствором и образцом котельной стали до температур  $350\div 400$  °С. Для

промышленных испытаний разработана методика, обеспечивающая получение достоверных результатов применения новых реагентов ВТИАМИН в сравнении с действующим ВХР на базе импортных аминов. Следует отметить большой объем выполненной автором работы и оригинальность подхода, основанного на сочетании известных методов исследования и новых методов оценки результатов, в частности, результатов контроля содержания ПОА и состояния поверхностей металла.

**В третьей главе** представлены результаты лабораторных исследований монорастворов и растворов смеси аминоксодержащих реагентов при контакте с образцами котельной стали при длительных выдержках в условиях высокотемпературного автоклавирования. Автором детально описаны условия подготовки к опытам и анализ воды и поверхности образцов после опытов, в том числе, с применением оригинальных методик, в частности «капельного метода» для оценки стойкости защитной пленки на поверхности образцов. По результатам опытов составлена обобщающая таблица и отмечены возможности использования компонентов для создания комплексного аминного реагента.

**В четвертой главе** даны результаты опытно-промышленных испытаний (ОПИ) новых аминных реагентов для обеспечения водно-химического режима паровых барабанных котлов высокого давления, среднего давления и котлов-утилизаторов блоков парогазовых установок (ПГУ). В каждом исследовании отмечены особенности конструкций, схемы, режима работы теплоэнергетического объекта, конкретные задачи исследований в заданных начальных условиях, методика исследований и детальный анализ их результатов. Наряду с задачей импортозамещения аминных реагентов решались задачи повышения эффективности ВХР теплоэнергетического оборудования, в т.ч при работе котлоагрегатов на традиционном аммиачно-гидразинном ВХР. Так на Приуфимской ТЭЦ Башкирской генерирующей компании целями ОПИ являлись внедрение и наладка комбинированной технологии аммиачно-гидразиннополиаминного водно-химического режима

(КТ АГП), способного при налаженном традиционном ВХР (ГАВР), обеспечить защиту конденсатно-питательного тракта и поверхностей нагрева котла от коррозии как при работе, так и при длительных остановках в резерв или ремонт, исключая тем самым необходимость консервации оборудования. В этом случае исследовались малые дозировки реагента ВТИАМИН КР-31. Проведенные исследования и ОПИ на котлоагрегате БКЗ-420-140 НГМ показали, что КТ АГП с реагентом ВТИАМИН КР-31 обеспечивает защиту поверхностей теплоэнергетического оборудования от коррозионных процессов, в т.ч в периоды его планового или вынужденного простоя, что подтверждено анализом растопочных процессов, визуальным осмотром внутренних поверхностей барабана, оценкой коррозионной стойкости защитной пленки и испытаниями контрольных вырезов на «атмосферную коррозию».

**В пятой главе** дано обоснование эффективности применения реагентов ВТИАМИН. Показано, что наряду с возможностью импортозамещения реагентов типа Helamin, может быть разработана новая рецептура состава комплексного реагента с целью его универсального использования на различных модификациях тепломеханического оборудования. Таким образом, поставленные автором задачи исследования решены и могут быть оценены положительно.

**По содержанию диссертации есть ряд вопросов и замечаний.**

1. В диссертационной работе размыто сформулированы показатели эффективности нового водно-химического режима. В ходе работы автор при упоминании критериев эффективности нового ВХР ссылается на стандарт организации 70238424.27.100.013-2009 Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования, в котором на с.8 сформулированы восемь показателей эффективности. Не ясно, какие именно из показателей, упомянутых в СТО, определены автором в качестве показателей эффективности аминосодержащих ВХР? В диссертационной работе практически не рассмотрены такие показатели, как:

интенсивность заноса проточной части турбины отложениями, интенсивность образования внутренних отложений в котле, интенсивность эрозии конструкционных материалов, рост температуры стенки наиболее теплонапряженных поверхностей нагрева.

2. Одно из положений о научной новизне сформулировано: «разработан новый вид водно-химического режима на основе комплексных реагентов ВТИАМИН...превосходящих по основным свойствам ...». Во избежание неоднозначности и двойственности выражения следовало указать наименования основных свойств реагентов и их количественные характеристики.

3. На с. 61 диссертационной работы сказано «основное отличие отечественных АСР от импортных состоит в том, что они предназначены для ведения ВХР как на новых блоках ПГУ, так и на оборудовании постсоветского периода...». Не вполне понятно данное выражение. Какой именно из режимов используется в качестве универсального и почему другой режим не может быть использован аналогично?

4. На с. 64 диссертационной работы отмечено, что критерием успешности проведения ОПИ является удельная сорбция -  $0,3 \text{ мкг/см}^2$ . Данное значение соответствует критерию проведения консервации пленкообразующими аминами тепломеханического оборудования и достигается в период консервации оборудования при поддержании концентрации пленкообразующего амина в тракте свыше  $10 \text{ мг/дм}^3$ . В период штатной эксплуатации энергетического оборудования концентрация аминсодержащего реагента не должна превышать  $5 \text{ мг/дм}^3$ . Исходя из этого, не ясно, чем обосновано значение удельной сорбции равнос  $0,3 \text{ мкг/см}^2$  при ведении аминсодержащего ВХР в штатном режиме эксплуатации энергетического оборудования?

5. В главе 3 диссертационной работы лабораторные испытания проводились в автоклаве с использованием образцов-свидетелей из стали марок 20, сталь 3. Не ясно с чем связано отсутствие в лабораторных



испытаниях, в автоклаве образцов из латунных сплавов и аустенитной стали? Подобные исследования были бы крайне полезны в целях ведения аминосодержащих ВХР на паросиловых установках с барабанными котлами высокого давления.

6. В главе 4 констатируется эффективность перехода от традиционного ВХР на аминный с применением реагента ВТИАМИН КР. Есть ли недостатки такого перехода?

7. Существует ли корреляция между методом потенциостатического исследования (п.3.3 диссертации) и «капельного метода» оценки защитных свойств оксидной пленки?

### **Заключение по работе**

Основные результаты диссертационной работы удовлетворяют критериям новизны, достоверности и обоснованности. Диссертация обладает внутренним единством содержания. Личный вклад автора в работе обоснован и подтверждается публикациями. Автореферат и публикации отражают содержание диссертации, ее основные положения и выводы.

Таким образом, считаю, что диссертационная работа Зидихановой Аиды Альбертовны «Исследование и разработка аминосодержащих водно-химических режимов теплоэнергетических установок», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 - Энергетические системы и комплексы, является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой поставлена и решена актуальная задача повышения эффективности работы по совершенствованию водно-химического режима путем использования новых аминосодержащих реагентов, разработанных и внедренных на ТЭС России.

Диссертационная работа «Исследование и разработка аминосодержащих водно-химических режимов теплоэнергетических установок» соответствует критериям, установленным требованиями п.п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного

Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в актуальной редакции), а ее автор Зидиханова Аида Альбертовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент: доцент кафедры  
«Теоретических основ теплотехники  
им. М.П. Вукаловича»

Егошина Ольга Вадимовна  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

к.т.н, доцент

03 декабря 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1

телефон: +7 495 362 70 01

e-mail: [universe@mpei.ac.ru](mailto:universe@mpei.ac.ru)

сайт: <https://mpei.ru>

Подпись кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры  
«Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича» ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ» Егошиной Ольги  
Вадимовны заверяю:

Заместитель начальника управления

по работе с персоналом

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

Полевая Людмила Ивановна