

## ОТЗЫВ

официального оппонента Хоменка Леонида Арсеньевича на диссертацию Лоншакова Никиты Андреевича «**Повышение эффективности питательных насосов с турбинным приводом**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

На рассмотрение представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 122 наименований и двух приложений. Общий объем – 164 страницы текста, 79 рисунков, 36 таблиц.

### **Актуальность темы диссертации.**

Повышение эффективности оборудования собственных нужд тепловых электрических станций обеспечивает уменьшение удельных затрат топлива при неизменном количестве отпускаемой электроэнергии от ТЭС. Основными потребителями тепловой энергии энергоблоков с конденсационными турбоустановками мощностью 300 МВт и более являются питательные турбонасосы (ПТН). Большинство ПТН спроектированы в 70-80е годы 20 века в соответствии с уровнем технологического развития своего времени. Поэтому актуальным является вопрос создания инструмента диагностики эффективности действующих питательных турбонасосов с учетом индивидуального состояния каждого отдельного ПТН, а также конструктивное совершенствование его составных частей посредством применения современных программных пакетов инженерного анализа.

В этой связи, тема диссертационной работы соискателя является актуальной и направлена на повышение эффективности питательных насосов с турбинным приводом тепловых станций посредством интеллектуальной поддержки операторов эксплуатации ПТН, определения технически обоснованного нормативного расхода тепловой энергии брутто на питательные турбонасосы и совершенствования конструкции регулирующего клапана приводной турбины

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Опыт эксплуатации энергоблоков ТЭС позволяет ставить задачи совершенствования работы оборудования электростанций, в том числе, питательных насосов с турбинным приводом, широко применяемых на энергоблоках тепловых и атомных электрических станций. Высокая степень обоснованности научных положений соискателя определяется многолетним

опытом научных исследований сотрудников кафедры АЭС ИГЭУ в данном направлении, полученными результатами для питательных турбонасосов атомных электрических станций, в частности, разработка программного комплекса, предназначенного для определения технически и экономически обоснованных режимов работы питательных турбонасосов блоков №1 и №2 Калининской АЭС. Соискателем получены расчетные зависимости эффективности питательных турбонасосов от их эксплуатационных параметров, проведены исследования работы действующего оборудования на основе экспериментальных данных, проанализированы различные методы моделирования тепломеханического оборудования, даны результаты математического моделирования питательных турбонасосов, согласующиеся с результатами других авторов по данной тематике.

**Достоверность результатов и выводов** обеспечивается совпадением в пределах погрешности результатов математического моделирования питательных турбонасосов с фактическими эксплуатационными данными по работе оборудования на разных энергоблоках электростанции, применением апробированных методов и программных средств моделирования и анализа работы тепломеханического оборудования и систем, внедрением результатов работы в опытно-промышленную эксплуатацию на электростанции.

**Новизна результатов и вывод** определяется постановкой и решением новых задач в освоении перспективных технологий нейросетевого моделирования работы оборудования ТЭС, нацеленностью на создание новой методики диагностики эффективности работы оборудования на основе реальных эксплуатационных данных, получением новых теоретических и практических результатов. В частности, определением технически обоснованного индивидуального нормативного удельного расхода тепловой энергии на приводные турбины питательных турбонасосов конденсационного типа, совершенствованием проточной части регулирующего клапана приводной турбины питательного насоса для снижения гидравлических потерь подводящего тракта приводной турбины.

**Значимость для науки и практики** определяется развитием возможности диагностики оборудования электрических станций с учетом технического состояния и условий эксплуатации каждого отдельного агрегата на основе реальных эксплуатационных данных, получаемых со штатных контрольно-измерительных приборов электростанции, разработкой новой методики оценки эффективности питательных турбонасосов различных типов, предложением режимных и конструктивных мероприятий, направленных на повышение эффективности питательных насосов с турбинным приводом.

### **Анализ содержания диссертации.**

*Во введении* автором дано обоснование актуальности темы диссертации и общая характеристика работы.

*В первой главе* проведен анализ научно-технической литературы по теме диссертации, где отмечены существующие способы оценки и повышения эффективности питательных насосов с турбинным приводом за счет режимных и конструктивных мероприятий, проанализированы методы моделирования тепломеханического оборудования тепловых электрических станций, определены цели и задачи исследования. Раздел составлен в традиционном изложении и не вызывает замечаний.

*Во второй главе* представлен методический подход к решению задач исследования, состоящий в разработке оригинальной методики оценки эффективности питательных турбонасосов с применением нейросетевой технологии на основе эксплуатационных данных по работе оборудования. Для апробирования разработанной методики автором собрана информация о длительной эксплуатации четырех питательных турбонасосов одного типа на двух энергоблоках действующей электростанции, отобраны значимые технологические параметры для определения эффективности работы питательных насосов с турбинным приводом, проведена метрологическая обработка полученной информации, сформулированы выводы по проделанной работе. Раздел не вызывает значительных замечаний, хотя методика оценки эффективности питательных турбонасосов в представленной форме включает в себя способ определения технически обоснованного нормативного удельного расхода тепловой энергии брутто на приводные турбины, который следовало бы выделить в отдельный раздел в соответствии с логикой выделения положений научной новизны.

*В третьей главе* представлены результаты применения методики оценки эффективности питательных турбонасосов, основанной на технологии нейросетевого моделирования. Автором выбраны критерии эффективности ПТН, с помощью которых проанализирована фактическая работа питательных турбонасосов. Проведено сравнение полученных результатов с паспортными характеристиками работы оборудования. Соискателем разработана регрессионная и нейросетевая модель питательных турбонасосов, проведено исчерпывающее сравнение результатов, полученных при моделировании оборудования различными способами, на основе статистических характеристик. В полной мере доказана целесообразность применения нейросетевого моделирования в основе разработанной методики оценки эффективности питательных насосов с

турбинным приводом, приведен пример использования методики для одного питательного насоса с приводной турбиной конденсационного типа.

В завершении главы приведены результаты применения разработанной методики оценки эффективности питательных турбонасосов, определена максимальная погрешность результатов определения эффективности ПТН, не превышающая 2%, предложен новый способ установления количественной зависимости эффективности питательного насоса с турбинным приводом от его эксплуатационных параметров.

Таким образом, в третьей главе подробно изложена суть предлагаемой методики оценки эффективности ПТН и, вообще говоря, перегружена информацией в части проверки результатов нейросетевого моделирования. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, значимость для теории и практики подтверждена внедрением разработок в опытно-промышленную эксплуатацию на предприятии энергетической отрасли.

*В четвертой главе* автором предлагаются способы повышения эффективности питательных насосов с турбинным приводом путем воздействия на режимные параметры эксплуатации, а также за счет совершенствования проточной части регулирующего клапана приводной турбины. Разработанные нейросетевые модели питательных турбонасосов объединены соискателем в единые программные комплексы, зарегистрированные в государственном реестре программ для ЭВМ (Приложение 2), позволяющие оперативно обрабатывать большие объемы данных. Автором определен перечень и диапазон изменения параметров работы питательных турбонасосов, на которые подразумевается возможность воздействия в процессе эксплуатации ПТН в составе энергоблока. Установлен способ определения и достижения технически обоснованных норм расхода тепловой энергии брутто на приводные турбины ПТН, основанный на работе с нейросетевыми моделями питательных турбонасосов в диапазоне изменения варьируемых параметров. Эффект от применения данного способа на примере четырех питательных турбонасосов превышает погрешность результатов моделирования ПТН, что свидетельствует о приемлемости использования предложенного способа повышения эффективности питательных турбонасосов на предприятиях энергетической отрасли. Автором построена трехмерная модель регулирующего клапана приводной турбины, на основе которой проведен анализ течения пара в клапане, выявлены места-концентраторы гидравлических сопротивлений. Предложены три варианта совершенствования конструкции проточной части регулирующего клапана с обоснованием эффекта от их применения.



В выводах по четвертой главе определены перспективы развития предлагаемых разработок.

**В разделе «Заключение»** выполнено обобщение полученных в ходе исследования данных, сформулированы основные научные результаты работы, указана их практическая значимость.

#### **Замечания и вопросы по работе.**

1. В тексте диссертации приведены уравнения, полученные в ходе применения регрессионного анализа эксплуатации питательного турбонасоса (гл. III, уравнения (3.10)÷(3.12)), которые отражают количественную зависимость КПД ПТН от его эксплуатационных параметров. Для нейросетевых моделей питательных турбонасосов аналогичная информация не приводится, хотя сравнение между этими технологиями моделирования ведется, в том числе, по степени точности получаемых количественных зависимостей критериев эффективности ПТН от эксплуатационных параметров.

2. В диссертационной работе при применении технологии нейросетевого моделирования питательных турбонасосов не учтена эксплуатация ПТН при пуско-наладочных работах, а также в режимах малой нагрузки энергоблока

3. При оценке результатов применения предложенных способов повышения эффективности питательных турбонасосов не понятно, какое влияние окажут вносимые в ПТН изменения на работу энергоблока электростанции в целом.

4. В тексте диссертации не приведена информация, объясняющая, за счет каких механизмов происходит увеличение мощности энергоблока электростанции при снижении гидравлического сопротивления в регулирующем клапане приводной турбины питательного насоса.

5. В пункте 4.3 приведен перечень «варьируемых» параметров эксплуатации питательных турбонасосов за счёт которых происходит определение технически обоснованных норм энергии, отпускаемой на ПТН. Всегда ли имеется возможность воздействия на данные параметры в процессе эксплуатации электрической станции?

6. Непонятно, почему верификация расчета регулирующего клапана приводной турбины проводилась по значению давления пара на впускном патрубке, а не в выходной камере клапана.

#### **Заключение по работе**

Отмеченные замечания не снижают научной значимости и практической ценности диссертации, а направлены на улучшение качества работы. В целом диссертационная работа является законченным исследованием и направлена

на решение важной для тепловой энергетики задачи повышения эффективности питательных насосов с турбинным приводом на энергоблоках тепловых станций мощностью 300 МВт и более, предлагает методику оценки эффективности питательных насосов с турбинным приводом на основе эксплуатационных данных, полученных с контрольно-измерительных приборов электрических станций.

Содержание диссертации достаточно полно отражено в публикациях автора, автореферат правильно передает основные результаты и выводы.

Диссертация Н.А. Лоншакова является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технически обоснованные решения, обеспечивающие оценку и повышение эффективности питательных насосов с турбинным приводом, что имеет существенное значение для развития энергетической отрасли. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Лоншаков Никита Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

### **Официальный оппонент**

Заведующий аналитическим отделом ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»);  
адрес: 191167, г. Санкт-Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6,  
e-mail: [KhomenokLA@ckti.ru](mailto:KhomenokLA@ckti.ru)

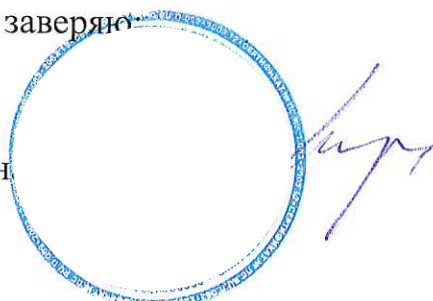
тел. +79219630185

доктор технических наук, профессор

Хоменок  
Леонид Арсеньевич

Подпись Л.А. Хоменка заверяю

Ученый секретарь  
ОАО «НПО ЦКТИ»,  
кандидат технических наук



Ляпунов В.М.