

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Сосновского Андрея Юрьевича  
на тему: «Повышение надежности систем тепловых перемещений  
выносных корпусов подшипников паровых турбин»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели»

### **Актуальность темы**

Надежность работы энергетического оборудования является одним из важнейших его параметров наряду с технико-экономическими характеристиками. Выбранная автором тематика исследования и сформулированная цель работы, направленная на разработку новых научно-обоснованных технических решений, обеспечивающих повышение надежности работы паротурбинных установок за счет совершенствования системы тепловых перемещений, несомненно, обладают актуальностью.

### **Краткое содержание работы**

Диссертационная работа включает введение, 8 глав, заключение, список литературы.

В первой главе автором выполнен аналитический обзор конструктивных вариантов реализации системы тепловых расширений турбин различных классов мощности и производителей, рассмотрены причины нарушения работы системы перемещений в процессе эксплуатации. Проведен анализ конструктивных решений, направленных на устранение выявленных причин, и дана оценка эффективности разработанных решений. В работе проведен обзор моделей перемещения выносных корпусов подшипников, предложенных другими авторами, для разработки рекомендаций и принятий обоснованных решений как на стадии проектирования систем тепловых перемещений, так и на стадии эксплуатации оборудования. На основе проведенного анализа определена цель и задачи исследования.

Вторая глава посвящена выявлению факторов, определяющих надежность работы системы тепловых перемещений выносных корпусов подшипников, связанных с конструктивным исполнением фундаментов современных турбин и возникающих в процессе эксплуатации тепловых и силовых воздействий. Автором рассмотрены конструкции фундаментов современных паровых турбин, проанализирован опыт эксплуатации турбин мощностью до 800 МВт, на основе чего выявлены основные факторы, вызывающие нарушение функционирования системы тепловых перемещений, и предложена концепция обеспечения ее надежной работы.

В третьей главе на основе обобщения опыта эксплуатации и натурных испытаний турбомашин показано, что нарушения в работе системы тепловых перемещений зачастую обусловлены силовым воздействием, возникающим со стороны присоединенных непосредственно к турбине и к корпусам подшипников паропроводов и маслопроводов.

Четвертая глава посвящена разработке обобщенной универсальной модели взаимодействия цилиндров турбины, корпуса подшипника и фундамента. В работе представлены разработанная автором структурная схема модели и ее математическое описание. На основе проведенных исследований определены условия надежной работы системы тепловых перемещений и построена диаграмма устойчивости, выработаны рекомендации по выбору геометрических параметров системы тепловых расширений.

В пятой главе проводится исследование влияния разницы температур фланцев цилиндра (температурного перекоса) на функционирование системы тепловых перемещений. Для проведения исследования используется разработанная с участием автора математическая модель, которая позволяет производить оценку усилий, действующих на направляющие осевого перемещения, для различных значений разницы температур фланцев турбины.

В шестой главе автором проводится анализ существующих конструкций направляющих осевого перемещения, на основе которого, с учетом выявленных достоинств и недостатков таких конструкций, предлагается новое техническое решение для направляющих выносных корпусов подшипников. Наряду с анализом конструктивного исполнения систем теплового расширения автором оценена возможность осуществления их установки при различных объемах монтажно-демонтажных работ, что может использоваться в качестве рекомендаций при планировании ремонтов турбин.

Седьмая глава посвящена вопросам обеспечения надежности работы системы тепловых расширений в процессе эксплуатации за счет внедрения системы автоматизированного мониторинга параметров функционирования системы. Автором на основе обобщения опыта эксплуатации турбин, проведенных экспериментальных и расчетных исследований предложена совокупность механических величин и параметров теплового состояния турбины, обеспечивающих диагностирование состояния системы тепловых расширений, включая определение причин нарушения ее работы, разработаны алгоритмы диагностирования.

В восьмой главе представлена совокупность практических рекомендаций по применению разработанных автором решений и подходов, приведены данные о результатах практического применения новых решений при проектировании и эксплуатации турбомашин. Практика внедрения предложенных автором технических решений доказала их работоспособность и эффективность.

### **Новизна научных результатов и выводов**

Научная новизна работы заключается в разработке совокупности научно обоснованных технических решений, математических моделей и алгоритмов, рекомендаций для принятия обоснованных конструктивных решений как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации, обеспечивающих заданный уровень надежности систем тепловых перемещений паровых турбин, включая:

- универсальную кинематическую модель системы «цилиндр турбины-КП-фундамент турбины», обеспечивающую исследование условий устойчивости системы тепловых перемещений;

- аналитическую модель исследования устойчивости СТП к температурному перекоосу, позволяющую оценить величину усилий, действующих на продольные шпонки, в зависимости от величины температурного перекооса на фланцах цилиндра и геометрических параметров цилиндра турбины и КП;

- на основе натуральных экспериментов и расчетных исследований установлены факторы, определяющие надежность работы СТП, определены их допустимые количественные значения, разработана диаграмма устойчивости;

- конструкцию дисковой направляющей осевого перемещения, использующую принцип поворотности направляющего элемента, обеспечивающую наилучшую несущую способность (техническое решение защищено патентом на полезную модель);

- на основе проведенных исследований выявлен перечень дефектов СТП, установлены диагностические признаки, характерные для возникающих дефектов, и разработаны алгоритмы диагностирования.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Полученные в рамках диссертационного исследования Сосновского А.Ю. математические модели, рекомендации, новые технические решения могут быть использованы как при проектировании новых паровых турбин, так и при модернизации уже находящихся в эксплуатации машин, для выработки конструктивных решений и организационных мер, повышающих надежность работы оборудования. Ряд предложенных автором технических решений получили внедрение на объектах энергетики и доказали на практике свою эффективность.

### **Замечания по диссертационной работе**

1) В работе представлен обширный анализ конструкций систем тепловых расширений турбомашин отечественных производителей и опыта их эксплуатации. Вместе с тем следовало бы уделить больше внимания конструктивным решениям, применяемым зарубежными производителями, а также исследованиям рассматриваемой проблемы иностранных ученых.

2) Было бы полезно рассмотреть распространенные причины возникновения отказов при работе турбоустановки и указать долю отказов, вызванную отклонениями в работе системы тепловых расширений.

3) Автор отмечает, что значимое влияние на маневренность турбоустановки оказывает функционирование системы тепловых расширений, а отклонения в ее работе приводят к увеличению времени пуска турбины. Вместе с тем каких-либо количественных оценок автор в работе не приводит.

4) В работе не представлены количественные оценки повышения показателей надежности за счет внедрения предложенных автором технических решений.

5) В аналитическом обзоре, проведенном автором, отмечается, что существующие кинематические модели не учитывают влияния внешних сил, вызванных в том числе воздействием паропроводов и маслопроводов на корпусные элементы турбины. При этом из работы неясно, как предложенная автором модель учитывает указанные дополнительные нагрузки.

Отмеченные недостатки могут быть рассмотрены в ходе дискуссии и не влияют на общую положительную оценку представленной диссертационной работы.

### Заключение

Полученные Сосновским А.Ю. в ходе проведения исследования и изложенные в диссертационной работе новые научные результаты вносят значимый вклад в обеспечение надежности работы паросиловых и парогазовых электростанций и развитие турбомашиностроения. Автореферат раскрывает основные результаты и выводы диссертационного исследования.

В целом диссертация Сосновского А.Ю. на тему: «Повышение надежности систем тепловых перемещений выносных корпусов подшипников паровых турбин», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научные и практические результаты. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор – Сосновский Андрей Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.7 «Турбомашинны и поршневые двигатели».

Официальный оппонент  
Заведующий кафедрой  
инновационных технологий наукоемких отраслей  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
д.т.н., доцент

06 октября 2023 г.

  
Рогалев Андрей Николаевич





ЗАМЕСТИТЕЛЬ  
И  
И

Почтовый адрес: 111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово,  
ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Тел.: 8 (495) 362-75-60,

E-mail: rogalevan@mpei.ru