

ОТЗЫВ

официального оппонента Медведева Валерия Викторовича на диссертационную работу Билана Андрея Витальевича на тему: «СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности: 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки

1. Актуальность темы исследования

Предметом исследования диссертационной работы является влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на показатели надежности горизонтальных подогревателей сетевой воды (ПСГ) теплофикационных турбин.

Актуальность избранной диссертантом темы связана с тем, что энергоёмкость экономики России в 2-2,5 раза выше среднего уровня энергоёмкости развитых стран. В связи с этим в России реализуется Программа энергосбережения, направленная на:

- повышение энергетической эффективности технологических и производственных процессов, ресурса, экономичности и надежности энергетического оборудования;
- снижение энергоёмкости производства;
- сокращение издержек на топливо-энергетическую составляющую в себестоимости выпускаемой продукции, как при ее изготовлении, так и эксплуатации.

В повышении надежности выработки тепловой энергии на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) важную роль играет надежность эксплуатации ПСГ теплофикационных турбин. От их надежности зависят технико-экономические показатели станции. Повреждение трубной системы в процессе эксплуатации приводит к необходимости заглушения труб, потерявших герметичность, снижению тепловой эффективности и, соответственно, к снижению КПД.

ПСГ имеют ряд конструктивных особенностей, таких как большое количество труб, достигающее порядка 6900 штук в ПСГ-4900; значительные

габариты (диаметр корпуса может достигать 3,6 м); сложность компоновки трубного пучка; изменение давления и температуры пара в значительном диапазоне.

Надежность работы ПСГ определяется большим количеством конструктивных и эксплуатационных факторов. Недостаточно полный учет указанных факторов при проектировании может приводить к существенному снижению эксплуатационного ресурса аппаратов. При этом существующие методики не учитывают всю сложность конструкции ПСГ и расчет в них сводится к рассмотрению основных элементов по отдельности, что дает достаточно приближенные результаты. При этом требования к надежности работы ПСГ, снижению затрат при их проектировании и производстве постоянно растут.

Указанное выше дает основание оппоненту утверждать, что научная проблема, сформулированная соискателем в защищаемой диссертации – актуальна, а ее решение позволяет разработать уточненные методики расчета и поиска конструктивных решений при проектировании новых и модернизации существующих ПСГ.

2. Научная новизна результатов исследования

Новизна научных результатов, полученных соискателем, состоит:

- в разработке научно-обоснованной уточненной методики расчета на прочность методом конечных элементов (МКЭ), в которой ПСГ рассматривается как система взаимосвязанных основных упругих элементов, что дает более точные результаты, чем при раздельном расчете каждого элемента;
- в разработке научно-обоснованной методики расчета труб на вибрацию, учитывающей напряжения растяжения-сжатия в трубках, что позволяет по результатам расчетов получать сплошной спектр частот собственных колебаний труб;
- в предложении научно-обоснованных новых конструктивных решений компенсатора (одностороннего, пластинчатого и радиального), позволяющих снизить напряжения в ПСГ;

- в предложении научно-обоснованной новой конструкции водяных камер, позволяющей уменьшить толщину трубных досок ПСГ и, тем самым, снизить их металлоемкость.

3. Достоверность и обоснованность основных выводов

Автором в достаточной мере обоснована основная цель диссертационной работы, состоящая в повышении надежности и увеличении ресурса подогревателей горизонтального типа в условиях неравномерности нагрева сетевой воды по ходам в трубках ПСГ и повышенных давлений сетевой воды.

Все теоретические разработки проблемы и практические решения выполнены Биланом А.В. на основе комплексного подхода к проблеме создания оптимальных конструкций проектируемых подогревателей, что обеспечивает методологически правильное решение поставленных задач.

Корректное сравнение результатов математического моделирования с данными экспериментов, выполненных соискателем, подтверждает достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

4. Практическая ценность выполненной работы

Практической ценностью обладают результаты диссертационной работы, позволяющие:

- научно обосновывать и внедрять в практику методы, обеспечивающие прочность ПСГ на основе рассмотрения их как системы взаимосвязанных основных упругих элементов, что дает более точные результаты, чем при отдельном расчете каждого элемента;

- обеспечивать корректное определение вибрации труб, за счет учета напряжения растяжения-сжатия в трубках, и получать сплошной спектр частот собственных колебаний труб.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для применения в проектных и научно-исследовательских организациях, работающих над созданием новых ПСГ и их совершенствованием, а также в учебном процессе

профильных вузов.

5. Оценка содержания диссертационной работы, её завершенности в целом и замечания по оформлению диссертации

Диссертационная работа содержит 133 страницы основного текста, включающего 46 рисунков, 18 таблиц и библиографию из 104 наименований и приложение на 2-х страницах.

Во введении обоснована актуальность темы и определена степень ее разработанности. Сформулированы цели и задачи исследования. Показаны научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы. Представлены выносимые на защиту положения и реализация результатов.

В первой главе дан анализ публикаций по теме исследования, касающихся причин повреждений трубной системы ПСГ разных типоразмеров и на разных ТЭЦ. Сделаны выводы, что коррозия под напряжением оказывает большое влияние на повреждаемость труб.

Сделан обзор основных существующих методик расчета на прочность ПСГ (методика ЦКТИ, ГОСТ Р 52857.7-2007). Отмечено, что данные методики не учитывают прогиб трубной доски и не могут дать реальную картину напряжений в трубках в зависимости от их расположения. В свою очередь значения этих продольных напряжений могут существенно проявляться в оценке значений собственных частот колебаний трубок.

Вторая глава посвящена новой уточненной методике расчета на прочность. Задача решается в осесимметричной постановке МКЭ. Дана расчетная схема, на которой показаны все входящие элементы и их взаимодействие между собой. Приведена вариационная формулировка задачи.

Даны результаты расчетов ПСГ-2200, спроектированного АО “УТЗ” с использованием уточненной методики, имеющего бескомпенсаторную конструкцию, которые достаточно хорошо совпадают со значениями напряжений, полученных при проведении натурного эксперимента.

Третья глава посвящена описанию разработанной методики расчета

трубной системы на вибрацию МКЭ, которая учитывает напряженное состояние труб.

Показано, что продольные напряжения в трубках существенно влияют на их собственную частоту.

Приведены результаты вибрационного расчета труб ПСГ-4900 по новой методике, напряжения труб при этом брались из результатов расчета по методике из второй главы. Расчеты показали, что при учете напряжений в трубках, их частоты собственных колебаний образуют сплошной спектр.

В главе 4 описывается создание 3D модели ПСГ для использования ее в ANSYS автоматизированным способом. Преимуществом данного подхода является то, что параметры для построения моделей хранятся в базах данных и их изменение при необходимости не занимает много времени.

Показано при каких материалах и каких режимах работы турбины предпочтительней использовать конструкцию ПСГ без компенсатора. Предложены новые конструкции компенсаторов.

Представлены результаты расчета ПСГ-4900 в 3D постановке в ANSYS, показывающие какие трубки находятся под наибольшими напряжениями, даются рекомендации по компоновке трубного пучка.

Предлагается использовать перегородки водяных камер в качестве анкеров, соединяющих днище и трубную доску. Указано, что можно уменьшить изгибные напряжения в днище и трубной доске, растягивающие напряжения в периферийных трубках; уменьшить толщину трубной доски; вместо эллиптического днища использовать плоское.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

В целом работа написана грамотным техническим языком. Диссертация является завершенной работой, с четким построением разделов и последовательным решением поставленной задачи.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

6. Публикации

Основные материалы работы опубликованы в 14 изданиях, включающих три статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, два патента на изобретение и 3 патента на полезную модель. Все публикации полностью соответствуют тематике работы.

7. Общие замечания по работе

1. В расчетах никак не учтен вес воды, однако объем входной камеры ПСГ-4900 составляет около 25 м³ и вес воды составляет порядка 25 тонн.

2. В работе говорится о возможности замены эллиптических днищ плоскими при использовании анкерных перегородок. При этом, скорее всего, толщина плоского днища будет больше и возникнет необходимость в дополнительных ребрах жесткости, что усложнит конструкцию днищ. Таким образом, экономический эффект не столь очевиден.

3. При расчете в 3D постановке в ANSYS температура трубок меняется только по ходам пучка, но для того чтобы получить более точную картину, необходимо учитывать изменение температуры труб и в пределах пучка трубок каждого хода.

4. Отсутствует учет прогиба трубной доски от технологической операции вальцевания в ней трубок.

5. В тексте диссертации присутствуют семантические, стилистические и лексические ошибки.

Сделанные замечания не снижают ценности диссертации.

8. Заключение по диссертации

Считаю, что диссертация Билана Андрея Витальевича на тему «Статическая и динамическая прочность трубной системы горизонтальных сетевых подогревателей теплофикационных турбин» является законченной, самостоятельно выполненной, обладающей внутренним единством, научно-квалификационной работой на хорошем научном уровне. В ней содержится

изложение новых научно обоснованных технических решений и методов, направленных на повышение надежности и увеличения ресурса подогревателей горизонтального типа в условиях неравномерности нагрева сетевой воды по ходам в трубках ПСГ и повышенных давлений сетевой воды. Решение проблемы имеет существенное значение для развития страны.

Диссертационная работа полностью соответствует специальности 05.04.12 – «Турбомашины и комбинированные турбоустановки» и отвечает требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 28.08.2017), а её автор – Билан Андрей Витальевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Судовые двигатели
внутреннего сгорания и дизельные
установки» ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский государственный морской
технический университет»

Медведев Валерий Викторович
«22» мая 2018 года

Адрес: 190121, СПб, ул. Лоцманская, д.3.
(812)-494-09-52, v_v_medvedev@mail.ru

Подпись официального оппонента доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Судовые двигатели внутреннего сгорания и дизельные установки» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» Медведева В.В. заверяю:

Начальник УП



Богомоллов А.В.
«22» мая 2018 года