

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Желонкина Николая Владимировича

«Сравнительное исследование эффективности применения различно профилированных трубок в маслоохладителях турбоустановок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки

На рецензирование представлена диссертационная работа общим объемом 132 страницы, иллюстрированная 55 рисунками и 20 таблицами, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературных источников из 111 наименований.

Диссертационная работа Н.В. Желонкина посвящена разработке, сравнительным исследованиям и оценке эффективности различно профилированных трубок, предназначенных для применения в маслоохладителях систем смазывания турбоустановок ТЭС, как на стендовых установках в лабораторных условиях, так и непосредственно в эксплуатационных условиях на ТЭС.

Научное направление всех основных разработок и исследований, представленных в диссертационной работе, соответствует паспорту научной специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Актуальность темы диссертации

Эксплуатация в системах смазывания паровых турбин (ПТ) маслоохладителей (МО), спроектированных и изготовленных в середине прошлого века, не соответствует требованиям по обеспечению современного уровня технико-экономических и экологических показателей из-за морального и физического старения. В модернизируемых и вновь проектируемых МО интенсификацией теплообмена кроме увеличения количества тепла, передаваемого через единицу поверхности теплообмена, достигается как улучшение экономических показателей путем более выгодного соотношения между передаваемым количеством тепла и

Вх. № 05-19/1-200
от 06.11.14 г.

мощностью прокачивания теплоносителей, так и снижение массогабаритных характеристик. Практика всевозрастающего применения различно профилированных трубок в маслоохладителях турбоустановок для реализации предъявляемых требований к повышению эффективности и надежности МО при выполнении ими своих функций в любых условиях эксплуатации (например, при повышенных температуре охлаждающей воды, аэрированности теплоносителей) не утратило своей актуальности и значимости.

Оценка содержания диссертации

В первой главе проведен анализ конструкций маслоохладителей, применяемых в системах смазки ПТ, выполнен, с использованием общепринятых критериальных зависимостей, сравнительный анализ их теплогидравлических характеристик и отражена необходимость применения трубок из коррозионно-стойких материалов различного профиля, превосходящих гладкие трубки из латуни по теплопередаче и экологической надежности. Показано, что значительное расхождение данных разных авторов по теплообмену и гидродинамическому сопротивлению в пучках трубок МО, ставит задачу оценить эффективность пучков трубок различного профиля (ПКТ, ПВТ, ТВН) путем проведения сравнительных экспериментальных исследований в сопоставимых условиях; на основании полученных результатов уточнить позонную методику расчета МО с пучками ТВН и определить эффективность их применения в условиях эксплуатации.

Во второй главе определены условия проведения экспериментальных исследований в соответствие с параметрами функционирования серийных маслоохладителей ПТ, выбраны геометрические характеристики профилирования для исследуемых трубок, описаны созданные экспериментальные стендовые установки по определению изгибной жесткости различно профилированных трубок и гидравлического сопротивления при течении воды внутри таких трубок, произведена наладка стенда для исследования теплоотдачи и гидродинамического сопротивления трубок при обтекании их поперечным потоком масла. Описана методика проведения экспериментального исследования и представлена оценка

погрешности определения коэффициента теплоотдачи, гидродинамического сопротивления со стороны масла и гидравлического сопротивления со стороны воды, а также изгибной жесткости для гладких и различно профилированных трубок.

Поставленная расширенная задача сравнительных исследований теплогидравлических характеристик различно профилированных трубок в маслоохладителях ПТ в литературе отсутствует, а ее реализация обеспечит получение новых результатов по теме диссертации.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования теплоотдачи и гидродинамического сопротивления при обтекании турбинным маслом пучков гладких и различно профилированных трубок, гидравлического сопротивления внутри гладких и различно профилированных трубок и механических свойств трубок.

Полученные результаты для пучков ТВН и гладких трубок обобщены сравнительными зависимостями критериев Nu , Eu и коэффициента гидравлического сопротивления λ в широком диапазоне изменения числа Re . Автором дана физическая интерпретация причины повышения эффективности теплоотдачи на ТВН и неоднозначного изменения гидродинамического сопротивления пучка ТВН от числа Re в сравнении с гладкотрубным пучком. Показано, что влияние величины шага встречной накатки на ТВН в большей мере оказывает влияние на гидравлическое сопротивление со стороны воды. Увеличение шага встречной накатки с 8 до 24 мм приводит к снижению гидравлического сопротивления, значения которого для ТВН и ПВТ становятся сопоставимыми.

Экспериментально определено, что значения изгибной жесткости ПВТ и ТВН практически одинаковы, но меньше значения для гладкой трубы на 20%.

В четвертой главе на основе результатов, полученных при проведении численных и экспериментальных исследований, обобщена зависимость для расчета скорости турбинного масла через околотрубный зазор «ТВН-перегородка». В уточненную методику позонного теплогидравлического расчета МО комплексно введены мультипликативные поправки,

учитывающие влияние профилирования трубок пучка на коэффициент теплоотдачи со стороны турбинного масла, на гидродинамическое сопротивление пучка по маслу и на гидравлическое сопротивление при течении воды внутри трубки. Обосновано принятие расчетной зависимости коэффициента теплоотдачи ТВН со стороны воды, полученной для ПВТ.

Пятая глава посвящена описанию результатов сравнительных испытаний серийного маслоохладителя МО-53-4 с гладкими латунными трубками и модернизированных МБ-50М-75 с профильными витыми трубками (три МО) и с трубками со встречной накаткой (один МО), эксплуатируемых на Невинномысской ГРЭС. Представлена методика проведения промышленных испытаний маслоохладителей. Показано, что результаты реализованных режимов при испытаниях МО не позволяют использовать их для прямого сравнения эффективности маслоохладителей. В этой связи обоснована целесообразность выполнения сравнительной оценки эффективности МО расчетным методом с использованием уточненной на основе результатов исследований методики.

Результаты сопоставления полученных при испытаниях данных с расчетными по уточненной автором методике показали хорошее совпадение для всех исследованных режимов. Это позволило расчетным методом сопоставить тепловую эффективность серийного и модернизированного маслоохладителей на различных режимах их работы.

Анализ результатов сопоставления параметров эффективности позволил сделать выводы о теплогидравлических преимуществах маслоохладителей ПТ с различно профилированными трубками из нержавеющей стали и их более высокой надежности над маслоохладителями с гладкими трубками из латуни.

На основе результатов исследований и опыта модернизации МО ПТ, проводимых УрФУ, сформулированы рекомендации для инженерной практики в области проектирования, эксплуатации и модернизации маслоохладителей.

Научная новизна и значимость работы

В диссертационной работе представлены результаты экспериментальных исследований гидродинамики и теплообмена при обтекании вязким теплоносителем (маслом) пучков гладких и различно профилированных трубок. Получены сравнительные данные по гидравлическому сопротивлению при течении воды внутри профилированных трубок: ПВТ, ТВН, ПКТ. Приведены результаты исследований изгибной жесткости ТВН. Полученные данные позволили разработать, спроектировать и изготовить промышленный образец маслоохладителя с ТВН, а также провести сравнительные испытания этого маслоохладителя на ТЭС в условиях эксплуатации.

К числу наиболее важных новых научных результатов, полученных в диссертационной работе Н.В. Желонкина, по мнению оппонента, можно отнести следующие:

- Экспериментально изучены теплообмен и гидродинамическое сопротивление в пучках различно профилированных трубок при поперечном обтекании их турбинным маслом. Установлено, что интенсивность теплоотдачи от турбинного масла в пучке ТВН в диапазоне чисел $Re_m = 100 \dots 700$ до 33 % выше, чем в гладкотрубном пучке и зависит от режима течения турбинного масла в пучке трубок. С увеличением значения числа Re_m интенсивность теплоотдачи в пучках возрастает.

- Показано, что в диапазоне чисел $Re_m = 100 \dots 700$ относительный (в сравнении с гладкой трубкой) коэффициент гидродинамического сопротивления пучков профилированных трубок при поперечном обтекании турбинным маслом зависит от числа Re_m . Относительное гидродинамическое сопротивление пучка ТВН при $Re_m \leq 350$ ниже, чем пучка с гладкими трубками на величину до 15 %, что объясняется лучшей обтекаемостью профилированных трубок; при возрастании значений числа Re_m относительное гидродинамическое сопротивление пучка ТВН до 8 % выше, чем в пучке гладких трубок. Это определяется возрастанием влияния вихрей, образующихся на элементах искусственной шероховатости ТВН, на сопротивление движению турбинного масла в пучке.

- Показано, что коэффициент гидравлического сопротивления при течении воды в ТВН по сравнению с гладкой трубкой в 1,9...3,2 раза выше в зависимости от параметров профилирования и числа Re_{σ} .

- Изучены особенности течения вязкого теплоносителя в технологических зазорах узла «ТВН – перегородка». Установлено, что величина протечек турбинного масла для ТВН выше, чем для гладких трубок и ПВТ.

Обоснованность и достоверность результатов работы

Обоснованность и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Все основные научные результаты подтверждены испытаниями натурного аппарата, апробированы и реализованы в методиках расчета маслоохладителей.

Полученные результаты соответствуют современным физическим представлениям и их следует признать достоверными.

Практическая ценность полученных результатов

Большинство полученных автором результатов реализовано в методиках расчета маслоохладителей паротурбинных установок. Это позволило разработать и спроектировать маслоохладитель для паровой турбины мощностью 160 МВт. При разработке маслоохладителя, автор учел особенности их эксплуатации на конкретной ТЭС. Полученные результаты можно использовать при обработке результатов сравнительных испытаний маслоохладителей и оценке их тепловой и гидравлической эффективности в условиях эксплуатации. Считаю, что представленные в диссертационной работе результаты имеют практическую ценность для заводов-изготовителей паровых турбин ТЭС и при проведении модернизации маслоохладителей.

Основные результаты диссертационной работы вошли в монографию, учебно-методическое пособие для студентов вузов.

Все основные результаты работы прошли апробацию на 10 Международных, Всероссийских и региональных конференциях и совещаний; основные положения и диссертации изложены в 22 печатных работах, в том числе в пяти публикациях в научных журналах, включенных в

перечень рецензируемых научных изданий, определенного ВАК, в четырех патентах на полезную модель. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

Замечания и вопросы

1. Как объяснить тот факт, что относительное гидравлическое сопротивление при течении воды внутри ПВТ не зависит от величины числа Re_v , а для трубок ТВН и ПКТ такая зависимость явно прослеживается (рис. 3.17)?
2. Почему при низких числах Re_m гидродинамическое сопротивление пучка различно профилированных трубок при обтекании турбинным маслом становится ниже сопротивления пучка гладких трубок?
3. В диссертации содержится описание периферийного уплотнения, устраняющего переток масла через зазор b_1 . В то же время в работе не приведен анализ воздействия величины зазора b_1 на теплогидравлические показатели маслоохладителей.
4. Из диссертации и автореферата не ясно, как при разработке промышленного образца маслоохладителя использовались данные по изгибной жесткости различно профилированных трубок?
5. На какие параметры вибрационных характеристик трубок и как влияет изменение скоростей течения турбинного масла в зазоре b_2 (из-за наличия канавок)?
6. В формуле 4.4, с.90 для определения коэффициента гидравлического сопротивления в околотрубном зазоре присутствуют параметры A и B с относительным интервалом изменения соответственно 0,99 и 0,97. Почему в окончательном выражении для вычисления коэффициента гидравлического сопротивления принято среднее значение параметра B , а параметр A , функционально зависящим от величины калибра технологического зазора (формулы 4.5, 4.6)?
7. Чем объясняется снижение величины калибра технологического зазора ТВН по сравнению с ПВТ?
8. Для какого интервала изменения площади сечения зазора «трубка - перегородка» определялись коэффициенты сопротивления для различно

профилированных трубок и как он соотносится с площадью сечения зазора для гладкой трубки?

9. Что учитывает поправка на техническое состояние поверхности трубок МО и каков процент ее влияния на теплогидравлические характеристики?

10. Какое отношение к основной теме диссертационной работы имеет приведенное описание патента на охлаждаемый маслоуловитель и каковы его преимущества в сравнении со струнным маслоуловителем УралВТИ?

В работе имеется ряд редакционных неточностей:

На стр. 94 диссертации и стр. 18 автореферата в абзаце, содержащем ввод мультипликативных поправок в методику для расчета гидродинамического сопротивления маслоохладителей с ТВН, ошибочно приведена ссылка на поправку, относящуюся к пучку трубок с кольцевой накаткой. Вывод об увеличении коэффициента гидравлического сопротивления с увеличением значения калибра кольцевого технологического зазора (рис.4.2, с.90) необходимо было отнести только к ПВТ и ТВН. На рис.5.3 диссертации и 13 автореферата нумерацию режимов следовало было связать с экспериментальными данными, отмеченных точкой. На стр 75 диссертации дважды приведен один и тот же результат по теплоотдаче на гладкой трубке, установленной в пучке ТВН (ссылка на рис.3.10). На стр. 85 и 94 в зависимостях гидродинамического сопротивления для ПКТ и ТВН приведены разные значения коэффициентов и показателей степеней. На стр. 55 диссертации нарушено единство в обозначении наружного диаметра калориметрической трубки; на стр. 63 допущена описка в обозначении цены деления катетометра.

Приведенные замечания не меняют общего хорошего впечатления от работы и не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования в целом.

Выводы и заключение

Анализируя содержание диссертации, можно сделать вывод о том, что рецензируемая работа является законченным научно-квалификационным трудом, содержит новые научно обоснованные технические решения и

разработки, направленные на повышение эффективности гидродинамики и теплообмена в маслоохладителях с пучками из различно профилированных трубок. Полученные данные реализованы в промышленном образце МО с ТВН и подтверждены результатами сравнительных испытаний маслоохладителей на ТЭС.

Учитывая, что рассматриваемая диссертационная работа имеет существенное значение для теплоэнергетики страны и по актуальности, научной и практической значимости соответствует требованиям п.9 положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, считаю ее автора Желонкина Николая Владимировича достойным присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,
заместитель директора
по научной работе
ОАО «Инженерный
центр энергетики Урала»
филиал «УралВТИ»
(г. Челябинск),
кандидат технических наук



[Handwritten signature]
Анатолий Евгеньевич Языков

454084, Челябинская обл., г. Челябинск, пр. Победы 168
E-mail: yaе@chel.iceu.ru, тел. 8(351) 791-62-79

Подпись Языкова А.Е. заверяю
Инспектор по кадрам

[Handwritten signature]

Петрова А.С.
29.10.2014г.