

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по инновационной деятельности

Н.Ф. Кашапов

2014 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации Казанский (Приволжский) федеральный университет на диссертационную работу Желонкина Николая Владимировича «Сравнительное исследование эффективности применения различно профилированных трубок в маслоохладителях установок», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Актуальность темы. Теплообменники-маслоохладители являются ответственным элементом систем охлаждения технических масел турбоустановок, от которого напрямую зависит надежность и эффективность работы тепловых двигателей, применяемых в энергетике и промышленных технологиях. Проблемы с недоохлаждением технических масел являются одной из основных причин аварийных остановов турбин и значительных финансовых потерь, сопряженных с ними. Отвод тепла турбинных масел в теплообменниках-маслоохладителях обычно производится оборотной водой, что приводит к высокой степени зависимости рассматриваемых теплообменников от внешних условий эксплуатации. В особенности уязвимы системы охлаждения турбинных масел в летний, наиболее напряженный для них период работы. Поэтому поиск конструктивных решений теплообменников, обеспечивающих надежность и эффективность охлаждения масел при любых внешних условиях, наблюдаемых в течение года, является весьма актуальной задачей современной теплоэнергетики.

Вх. № 05-19/1-201
от 05.11.14 г.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Автором предложено новое конструктивное решение теплообменной поверхности для маслоохладителей турбоустановок – профилированные трубки с встречной накаткой, которое было основано на результатах анализа характерных режимных условий эксплуатации теплообменников. Автором разработаны рекомендации по усовершенствованию позонной методики расчета маслоохладителей, способствующие повышению точности инженерного расчета. Результаты исследования реализованы при разработке опытного образца маслоохладителя МБ-50М-75, успешно эксплуатируемого в системе маслоснабжения турбины К-160-130 ХТГЗ Невиномысской ГРЭС.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием апробированных, хорошо зарекомендовавших себя методик проведения экспериментальных исследований теплообменного оборудования; применением стандартной протарированной измерительной аппаратуры, обеспечивающей требуемую точность измерений; удовлетворительным совпадением экспериментальных данных, полученных для эталонных образцов конструкций трубного пучка с данными других авторов. Численные исследования автора базируются на классической теории гидродинамики и теплообмена и на апробированных расчетных методиках.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Автором получены и обобщены экспериментальные данные тепловых и гидродинамических характеристик пучков различно-профилированных труб при поперечном обтекании их турбинным маслом в диапазоне $Re_m = 100...700$. Показаны преимущества трубных пучков предложенной автором конфигурации с встречной накаткой (ТВН), которые позволяют достичь 33%-ного роста коэффициента теплоотдачи.

2. Получены и обобщены экспериментальные данные по гидравлическому сопротивлению различно-профилированных труб при течении воды в диапазоне $Re_v = 10^4...10^5$.

3. На основе численной модели изучены особенности течения турбинного масла в зазорах ТВН – перегородка. Установлен рост протечек турбинного масла для ТВН в сравнении с альтернативными пучками труб.

4. Получены результаты экспериментального исследования прочностных характеристик профилированных труб в сравнении с гладкотрубными. Показано, что ТВН имеют лучшие показатели прочности по отношению с альтернативными профилированными пучками

В первой главе представлен анализ производственных аспектов и условий функционирования систем охлаждения турбинных масел. Автором дан критический анализ конструкций серийных теплообменников-маслоохладителей, используемых на практике. Приведен обзор современных решений по совершенствованию конструкций теплообменников-маслоохладителей и расчетных методик теплогидравлическиз процессов, реализуемых в них.

Обобщая аналитический материал, приведенный в данной главе, автором сформулированы цели и задачи диссертационной работы

Во второй главе дано детальное описание экспериментальных стендов:

1) проведения сравнительных исследований тепловых и гидравлических характеристик гладких и различно профилированных трубок в поперечном потоке турбинного масла (стенд 1);

2) определения гидравлического сопротивления различно профилированных трубок по водяному контуру (стенд 2);

3) исследования изгибной жесткости трубок (стенд 3).

В качестве тепловых элементов автором рассматривались: гладкие и профильно-витые трубки, профильные кольцевые трубки и трубки с встречной накаткой.

Подробно описан измерительный комплекс экспериментального стенда, приведены конструктивные особенности трубных пучков и дана оценка погрешностей измерения, которая подтвердила удовлетворительную точность производимых измерений.

В третьей главе автором проанализированы и обобщены результаты экспериментальных исследований.

Приведены результаты изменения интенсивности теплообмена в пучках различно-профилированных труб в сравнении с гладкотрубным пучком при поперечном обтекании их маслом в рабочем диапазоне числа $Re_M = 100 \dots 700$. Показано, что максимальная эффективность достигается для пучков труб со встречной накаткой. Рост интенсивности теплоотдачи по сравнению с гладкотрубным пучком достигал 27-33%. Представлены обобщающие зависимости для двух конфигураций ТВН в форме $\alpha = f(Re_M)$.

Изменение гидродинамического сопротивления пучков профилированных труб в сравнении с гладкотрубным пучком анализировалось на основе построенных графических зависимостей $Eu_{пр} / Eu_{гл} = f(Re_M)$, которые были затем обобщены в форме расчетных зависимостей $b = f(Re_M)$. Показано, что для рассматриваемых профилируемых пучков рост гидравлического сопротивления не превышал 7-8% в сравнении с гладкотрубным.

Рост гидравлического сопротивления при течении воды в профилированных трубках оказался более существенным и достигал 2-6-кратного роста в сравнении с гладкими трубками для рабочего диапазона $Re_v = 10^4 \dots 10^5$. Трубки ТВН имели наименьший рост сопротивления на уровне 1,9-3,2-кратного увеличения.

Лучшие результаты среди альтернативных профилированных конфигураций трубки ТВН продемонстрировали и по показателю изгибной жесткости.

В четвертой главе автором приведены результаты численного моделирования проницаемости технологических зазоров узла «трубка-перегородка» и рекомендации по уточнению расчетных методик, в которых учитывались результаты экспериментальных исследований. Данная методика в дальнейшем была реализована автором в ходе подготовки и проведения натурных испытаний интенсифицированных маслоохладителей.

В пятой главе приведены результаты натуральных сравнительных испытаний гладкотрубных и интенсифицированных маслоохладителей в системе маслоснабжения турбины К-160-130 ХТГЗ Невиномысской ГРЭС. Приведена методика проведения испытаний и анализ результатов. Испытания маслоохладителей подтвердили повышение эффективности теплообменников с пучками ТВН и профильно-витых труб в сравнении с гладкотрубными, а также продемонстрировали удовлетворительное совпадение расчетных данных, полученных на основе усовершенствованной методики автора, с результатами испытаний.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Результаты диссертации могут быть рекомендованы:

1. Проектным организациям, работникам генерирующих компаний и промышленных предприятий при выборе наиболее эффективной, надежной и безопасной конструкции теплообменников-маслоохладителей турбоустановок в ходе принятия модернизационных решений или для вновь проектируемых объектов.

2. Инженерным работникам при проведении расчетов и сравнительного анализа теплогидравлической эффективности маслоохладителей с различными профилированными пучками конструктивных параметров с учетом режимных условий их эксплуатации.

Общие замечания

1. Как показывает опыт, в процессах нагрева или охлаждения вязких сред (к ним относится и турбинное масло) большую сложность представляет определение осредненной температуры потока средствами измерения. Это происходит из-за термического расслоения в потоке. Измерение термометром в данном случае может дать существенную погрешность - не из-за погрешности датчика, а вследствие погрешности самой измерительной системы.

2. Автор, анализируя результаты экспериментальных исследований

отдельно оценивает эффект интенсификации теплообмена и эффект изменения (роста или уменьшения) гидравлического сопротивления профилированных пучков в сравнении с гладкотрубным. Однако, поскольку оба эти эффекта в теплообменниках взаимосвязаны, целесообразно было бы провести анализ эффективности профилированных пучков либо по критерию теплогидравлической эффективности, либо по энергетическому коэффициенту.

3. При эксплуатации маслоохладителей весьма важной особенностью профилированных трубных пучков маслоохладителей является их способность подавлять скорость отложения загрязнений по стороне масла и воды. К сожалению, в своей работе автор этому вопросу не уделил должного внимания.

4. В работе не указана марка и характеристики турбинного масла, использованного в экспериментальных исследованиях.

5. В формуле (3.4), приведенной на стр. 75 диссертации и в соотношении, приведенном в выводах на стр. 84, допущено расхождение значащего коэффициента.

Заключение по работе

Диссертация Желонкина Н.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, где на основе детального экспериментального исследования с обобщением полученных результатов в форме, удобной для инженерных расчетов, обосновывается эффективность применения новой конструктивной формы трубного пучка маслоохладителей со встречной накаткой.

Полученные результаты имеют большое практическое значение для проектирования и модернизации систем охлаждения технических масел турбоустановок, применяемых в энергетике и промышленности, на базе интенсифицированных маслоохладителей, обеспечивающих надежное и эффективное ведение процесса охлаждения турбинного масла при любых внешних условиях, наблюдаемых в течение года.

Поставленные в диссертации задачи раскрыты достаточно полно и

последовательно, выводы и рекомендации обоснованы. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Основное содержание работы и ее результаты опубликованы в 21 научных работах автора и 1 учебном пособии. В числе публикаций: 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК, 1 монография, 4 патента на полезную модель.

Работа прошла апробацию на многочисленных конференциях различного уровня, в том числе и за рубежом.

Работа соответствует требованиям п.9 Положения ВАК о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Желонкин Николай Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 «Турбомашины и комбинированные турбоустановки».

Зам. директора Комплексного центра
обучения в сфере энергоэффективности,

д-р техн. наук, профессор _____ Конахина Ирина Александровна

Адрес организации: 420008, Казань, ул.Кремлевская,18

Тел. (843) 233-71-09

Факс: (843) 292-44-48

e-mail: public.mail@kpfu.ru



Р.Н. Данилова