

## ОТЗЫВ

### официального оппонента на диссертацию

Желонкина Николая Владимировича

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

#### Актуальность темы.

Конструкции маслоохладителей паротурбинных установок, которые были спроектированы в середине двадцатого века, не соответствуют современным требованиям по надежности, экономичности и экологической безопасности. В настоящее время, когда срок эксплуатации теплообменных аппаратов устаревших конструкций подходит к концу, их совершенствование и создание новых теплообменных аппаратов для систем маслоснабжения ПТУ является актуальным и перспективным. В этом плане представляют большой научный и практический интерес сравнительные исследования эффективности применения в маслоохладителях турбоустановок различно профилированных трубок, таких как трубки со встречной накаткой (ТВН) и трубок с поперечной (кольцевой) накаткой (ПКТ).

#### Общая характеристика работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе представлен критический обзор литературы по теме исследования, выполнен анализ технических характеристик серийных маслоохладителей турбоустановок, рассмотрены современные разработки по совершенствованию маслоохладителей, а также зависимости для расчета происходящих в них теплофизических процессов. В заключении сформулированы задачи исследования.

Вх. № 05 - 19/1 - 202  
от 06.11.14 г.

Во второй главе диссертации приведены описания всех экспериментальных стендов: для исследования теплоотдачи и гидродинамического сопротивления пучков различно профилированных трубок при обтекании их поперечным потоком масла; исследования гидравлического сопротивления при течении воды внутри этих трубок и их изгибной жесткости. По каждому стенду приведены методика исследования и оценки погрешности.

В третьей главе представлены результаты исследования теплоотдачи при поперечном обтекании маслом пучков трубок; гидродинамическое сопротивление пучков трубок при поперечном обтекании маслом; гидравлическое сопротивление при течении воды внутри профилированных трубок и их изгибная жесткость.

В четвертой главе представлено уточнение методики расчета маслоохладителей ПТУ. Приведены результаты численного эксперимента проницаемости технологических зазоров; на основании результатов 3 главы и численных экспериментов представлено уточнение методики расчета маслоохладителей в схемах ПТУ.

В пятой главе представлены результаты сравнительных промышленных испытаний маслоохладителей с различно профилированными трубками, в том числе с новыми трубками, запатентованными автором. Описана методика испытаний, приведена оценка погрешности измерений, представлен анализ результатов сравнительных испытаний маслоохладителей с гладкими трубками, ПВТ и ТВН.

Достоверность и обоснованность результатов определяется тем, что экспериментальные результаты получены с помощью стандартных протарированных датчиков. Методика проведения эксперимента и обработки данных вполне корректна. Обеспечена хорошая воспроизводимость экспериментальных результатов, проведенные опыты на пучках с гладкими трубками хорошо согласуются с известными



зависимостями. Все основные результаты исследований соответствуют современным физическим представлениям и их следует признать правильными.

Научная новизна проведенного исследования определяется тем, что для получения обобщенных критериальных зависимостей эффективно использован комплекс существующих методов исследования, в т.ч. экспериментальные методики исследования гидродинамики и теплообмена вязкого теплоносителя в пучках трубок и численные методы расчета течения теплоносителя в технологических зазорах маслоохладителей ПТУ. Основные новые научные положения заключаются в нижеследующем.

1. 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.

2. 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 до величин чисел  $Re_m \leq 350$  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, что, видимо определяется влиянием образования вихрей от элементов искусственной шероховатости ТВН на сопротивление движению турбинного масла в пучке возрастает.

3. Показано, что коэффициент гидравлического сопротивления при тчении воды в профилированных трубках по сравнению с гладкой трубкой

выше для ТВН2 в 1,9...2,2 раза, для ТВН1 в 2,4...3,2 раза в зависимости от параметров профилирования и числа  $Re_v$ .

4. 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.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что предложена и реализована новая теплообменная поверхность (ТВН) для маслоохладителей турбоустановок, определены параметры профилирования трубок со встречной накаткой, рекомендуемые к реализации в маслоохладителях турбоустановок с учетом диапазонов характерных параметров технологических процессов в них; представлены рекомендации для инженерной практики в части уточнения методики расчета маслоохладителя. Полученные обобщенные зависимости уже использованы для расчета теплогидравлических характеристик промышленного образца маслоохладителя МБ-50М-75 с трубным пучком из ТВН турбоустановки К-160-130 ХТЗ.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Результаты исследований, представленные в рассматриваемой работе, изложены в 22 печатных изданиях, в том числе в пяти публикациях в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендуемого ВАК, четырех патентах на полезную модель, монографии и учебном пособии для студентов. Материалы диссертации используются в учебном процессе, апробированы на многочисленных международных и всероссийских конференциях.

По диссертационной работе имеется ряд пожеланий и замечаний:

1. Требуется более четкого обоснования предлагаемое автором уточнение методики теплогидравлического расчета маслоохладителей паровых турбин, в частности, надо критически



оценить показатели степени при  $Re$ : по-моему мнению степень 0,03, и различие в степенях 0,11 и 0,114 лежит в пределах погрешности экспериментов.

2. Как объяснить, что при обтекании трубных пучков с ПВТ маслом относительный в сравнении с пучком гладких трубок коэффициент теплоотдачи возрастает при увеличении числа  $Re$ , а при течении воды внутри ПВТ – остается постоянным или даже снижается?
3. Рассматривалось ли в диссертационной работе изменение схемы течения теплоносителей? На трубках с поперечными канавками были достигнуты более значительные эффекты интенсификации теплообмена и даже зарегистрировано открытие, но при продольном обтекании теплоносителем.
4. На каком основании в учете влияния профилирования трубок на коэффициент теплоотдачи при течении воды внутри трубок в методику расчета маслоохладителей с ТВН включены поправки, рассчитываемые по ранее известным зависимостям для ПВТ.

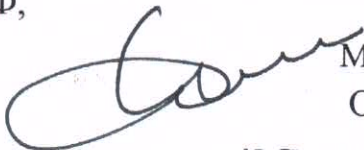
Перечисленные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы в целом.

В диссертационной работе Желонкина Н.В. изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки использования профилированных трубок в теплообменниках с вязким теплоносителем (маслом) применительно к паротурбинным установкам энергетических предприятий страны.

Диссертационная работа имеет законченный характер, по актуальности, научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Желонкин Николай Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,  
зав. каф. общей физики КГУ им. К.Э. Циолковского,  
Лауреат Государственной премии РФ,  
Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
профессор, доктор технических наук  
248023, Калужская обл., г. Калуга,  
ул. Степана Разина, д. 26  
e-mail: rector@kspu.kaluga.ru  
тел. 8(4842) 57-61-20

  
Мильман  
Олег Ошеревич  
05.11.2014

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ

*Мильман О.О.*

УДОСТОВЕРЯЮ

СПЕЦИ-ЛИСТ ПО КАДРАМ

КГУ ИМ. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО



*Stamp*