

## ОТЗЫВ

официального оппонента Пиира Адольфа Эдвардовича  
на диссертационную работу Неволлина Александра Михайловича  
«Повышение эффективности аппаратов воздушного охлаждения масла  
газотурбинных установок», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальностям:  
05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика,  
05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

**Актуальность темы диссертации** обоснована тем, что вопросы энергосбережения и надежности являются наиболее острыми для любого производства, в том числе и для газотранспортной отрасли промышленности, на аппаратах предприятий которой автор проводил свои исследования. Разработанные в представленной работе решения хорошо вписываются в комплекс мероприятий, проводимый ПАО «Газпром» в рамках Концепции энергосбережения и повышения энергоэффективности газотранспортных предприятий, принятой на период 2011–2020 гг. по направлению «новые технические решения для повышения энергоэффективности АВО: повышение показателей аэродинамики вентиляторных блоков и теплообмена трубных пучков».

Результаты работы по части исследования влияния на работу АВО движения приземных воздушных масс без сомнения являются актуальными практически для любых предприятий топливно-энергетического комплекса, использующих теплообменники воздушного охлаждения.

**Структура диссертации** включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературных источников состоящий из 146 наименований и приложений. Работа изложена на 138 страницах.

Во введении обоснована актуальность работы, показаны ее научная новизна, практическая и теоретическая значимость, поставлены цель и задачи исследования, представлены положения, выносимые на защиту. Первая глава

посвящена обзору литературы по теме исследования, на основании которого в конце главы автор формулирует задачи работы. Во второй главе приведено описание объекта исследования – воздушного маслоохладителя ГТУ типа 06-10, представлены методики и результаты расчетно-экспериментального исследования течения воздуха во входном тракте теплообменника, сопоставлением с данными эксперимента проведена верификация разработанной численной модели АВО масла. На основании выявленного неравномерного распределения потока охлаждающего воздуха по фронтальной поверхности трубного пучка автор делает вывод о необходимости модернизации входного воздушного тракта теплообменника. В третьей главе показаны методики и результаты комплекса расчетно-экспериментальных исследований течения теплоносителей в межтрубном и внутритрубном пространствах АВО типа 06-10. Полученные данные представлены в виде обобщенных зависимостей для расчета теплогидравлических процессов АВО и сопоставлены с данными исследований других авторов. Дополнительно определены коэффициенты, позволяющие моделировать трубный пучок АВО в виде пористого тела с эквивалентными аэродинамическими характеристиками. В четвертой главе работы описывается процесс разработки направляющего аппарата, выравнивающего поток воздуха перед трубным пучком маслоохладителя, представлены результаты экспериментального исследования работы АВО с установленным направляющим аппаратом, и результаты оценки экономической эффективности внедрения разработанного направляющего аппарата в производство. На основании полученных данных автор делает вывод о целесообразности внедрения разработанного направляющего аппарата в производство. Дополнительно в главе показываются результаты исследования влияния приземных атмосферных потоков на работу АВО: оценивается эффект от рециркуляции, возникающей при определенных условиях, на работу АВО, представлены решения направленные на снижение влияния рециркуляции на работу АВО.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. На основании проведения натуральных экспериментов в условиях эксплуатации, а также ряда расчетов численных моделей исследованы особенности течения воздуха во входном поворачивающемся воздушном тракте АВО масла всасывающего типа. Выявлено, что скорости воздуха перед трубным пучком всасывающего АВО могут отличаться более чем в 4 раза (по центру и на периферии трубного пучка секции АВО).
2. Экспериментально доказана возможность повышения тепловой мощности АВОм ГТУ всасывающего типа на величину до 11% за счет выравнивания профиля скорости подводимого потока охлаждающего воздуха. Исследования проведены автором в условиях эксплуатации на реальном оборудовании.
3. Посредством проведения эксперимента в лабораторных условиях и при помощи численной модели исследованы закономерности течения в межтрубном и внутритрубном пространствах АВО типа 06-10, получены уточненные обобщенные зависимости для расчета теплогидравлических характеристик трубного пучка данного АВО.
4. На основе численной модели исследованы особенности поведения потоков атмосферного воздуха на промплощадке компрессорной станции при разных направлениях ветра: выявлены условия возникновения рециркуляции воздуха в непосредственной близости от маслоохладителей, проведена оценка влияния рециркуляции на тепловую мощность рассматриваемого АВО.

**Достоверность и обоснованность результатов и выводов работы** обеспечивается проведением комплекса мероприятий, повышающих точность получаемых результатов измерений, в частности применением стандартизированных и метрологически аттестованных средств измерений, дублированием узлов измерения параметров, предварительным

исследованием теплофизических свойств рабочей жидкости (турбинного масла) на предмет соответствия заявленным характеристикам; успешной верификацией разработанных численных моделей путем сопоставления результатов их расчетов с данными физических экспериментов, хорошим согласованием полученных результатов с данными исследований других авторов.

В целом работа импонирует мне правдивостью представленных данных, автор показывает результаты разработанных решений по повышению эффективности оборудования без преувеличения, свойственного порой разработкам подобного рода.

**Практическая значимость** проведенного исследования определяется тем, что результаты работы изначально ориентированы на повышение эффективности аппаратов реального производства, притом отдельные результаты и выводы сделаны для конкретных предприятий, в частности для Карпинского ЛПУ МГ.

Наибольший практический интерес представляет разработанная автором конструкция направляющего аппарата, повышающего тепловую мощность эксплуатируемого АВО масла за счет создания более оптимальных условий обтекания воздухом теплопередающих поверхностей. Внедрение предложенного направляющего аппарата вполне может быть рассмотрено как энергосберегающее мероприятие, что подтверждается результатами оценки экономической эффективности, а также, по мнению автора, как мероприятие, позволяющее повысить надежность эксплуатации ГТУ в целом.

Результаты исследования влияния движения приземных воздушных масс на работу АВО масла могут быть использованы в условиях производства для снижения влияния рециркуляции на работу маслоохладителей или, по крайней мере, для прогнозирования снижения тепловой мощности маслоохладителей при вероятном возникновении рециркулирующих течений потоков атмосферного воздуха.

Полученные обобщенные зависимости могут быть использованы для расчетов теплогидравлических характеристик теплообменных аппаратов, выполненных с использованием подобных поверхностей теплообмена.

Безусловно часть разработанных в представленной работе решений может быть успешно использована предприятиями ТЭК в рамках реализации потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности.

**По диссертационной работе имеется ряд замечаний и вопросов:**

1. Вследствие малого температурного напора рассматриваемого маслоохладителя ГТУ в летний период эксплуатации, эффект от использования спроектированного направляющего аппарата в данный период будет весьма незначительным, поэтому затруднительно рассматривать установку данного устройства, как средство повышения надежности ГТУ. Гораздо большего эффекта можно добиться при установке подобного устройства на аппараты воздушного охлаждения химических производств, обладающих существенно большим температурным напором. Необходимо отметить, что в полной мере установка направляющего аппарата может проявить себя как энергосберегающее мероприятие при использовании частотно регулируемого привода вентиляторов АВО.
2. В третьей главе работы представлены результаты моделирования теплоаэродинамического процесса в межтрубном пространстве АВО (рис. 3.18, 3.19). На основании работ других исследователей, автор утверждает, что в данном случае в рабочем диапазоне скоростей воздушный поток движется в двух режимах: ламинарном и переходном; но при этом видно, что полученные значения лежат практически на одной кривой. Может быть следует для удобства и упрощения аппроксимировать полученные результаты одной непрерывной функцией?

3. Во второй части четвертой главы автор представил результаты численного расчета высоты труб, позволяющих выбросить отработавший в АВО воздух за границу предполагаемой зоны рециркуляции. Учитывался ли при определении высоты труб напор, создаваемый самими вентиляторами? Проводилась ли верификация конечно-элементных моделей для расчета влияния атмосферных потоков на работу теплообменников?
4. Чем обоснована форма, положение и число рабочих поверхностей направляющего аппарата?
5. Возможна ли установка направляющего аппарата на подобных АВО, имеющих систему испарительного охлаждения? Каким образом при установленном направляющем аппарате производить сервисное обслуживание АВО, в частности очистку оребрения трубного пучка?

Приведенные выше замечания не влияют на квалификационную состоятельность диссертационной работы, не снижают научной и практической значимости полученных результатов. В целом диссертационная работа Неволina А.М. представляет собой интересное комплексное расчетно-экспериментальное исследование, проведенное разнообразными методами на высоком научном и экспериментальном уровне. Диссертация изложена логично, технически грамотным языком, с минимальным количеством описок и ошибок.

Апробацию работы считаю вполне приемлемой: основные результаты исследований опубликованы в трех журналах из списка ВАК и докладывались на восьми конференциях различного уровня.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация в целом полностью соответствует научной специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, и научной специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки вследствие того, что исследуется аппарат вспомогательного оборудования

турбоустановки и проведена оценка экономической эффективности внедрения разработанного направляющего аппарата в производство, на примере маслоохладителя конкретной ГТУ.

### Заключение

Диссертационная работа является законченным научно-квалификационным исследованием и удовлетворяет требованиям п. 9 Положения ВАК о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Неволин Александр Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика и 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,

профессор кафедры теплоэнергетики и теплотехники ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», профессор, доктор технических наук (05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика)

163002, г. Архангельск, Ломоносовский округ, набережная Северной Двины, 17

E-mail: [pte@narfu.ru](mailto:pte@narfu.ru)

тел.: (8182) 21-61-75

Пиир

Адольф Эдвардович

Подпись, дата

*Пиир А. Э.*

старший ученый совета САФУ

*Е.Б. Раменская*

04 мая 2016 г.

Подпись заверяю

Гербовая печать