

Отчет по результатам реализации проекта по первому и второму этапам гранта КИАС РФФИ № 19-38-90297 «Аспиранты»

Тема проекта: Разработка системы охлаждения пароинжекционного типа для газодожимного компрессора парогазовой установки.

Актуальность проведенного исследования определяется тем, что работа замкнутого контура охлаждения (далее ЗКО) газо-дожимного компрессора (далее ГДК) обеспечивает поддержание требуемых параметров системы смазочного масла и природного газа для последующей подачи его в камеру сгорания газовой турбины, существенно влияющих на производительность и безаварийную работу энергоблока ПГУ.

Объектом исследования - является работа узла системы замкнутого контура охлаждения парогазовой установки, включающая в себя пластинчатый водо-водяной теплообменник и охладитель смазочного масла.

Предметом исследования является процесс теплообмена, протекающий в пластинчатом теплообменнике и маслоохладителе.

Целью работы являлась разработка и внедрение системы охлаждения для газо-дожимного компрессора парогазовой установки, а также разработка мероприятий для поддержания максимальной производительности и безаварийной работы газо-дожимного компрессора в системе топливоподачи газотурбинной установки.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- сбор и анализ информации о специфике работы энергоблока при высоких температурах наружного воздуха;
- обзор и анализ методов повышения эффективности работы теплообменных аппаратов пластинчатого типа;
- обзор и анализ трансформаторов теплоты, в том числе струйного типа.
- расчет и моделирование струйного аппарата

- разработка и построение схемы внедрения пароинжекционной холодильной установки в действующую схему работы замкнутого контура охлаждения

- по результатам исследования разработать математическую модель процессов теплопередачи и теплопереноса в струйном аппарате.

Научная новизна:

- математическое описание процессов тепломассообмена применительно к холодильной установке паро-инжекционного типа с учетом взаимодействия с внешней средой в условиях, близких к реальным, позволяющее определить эффективность протекающих в нём процессов;

- применительно к холодильной установке паро-инжекционного типа получение численного решения системы дифференциальных уравнений сохранения массы, энергии и импульса (уравнения Навье - Стокса) с учетом реальных условий однозначности для определения эффективности теплопереноса в зависимости от ряда влияющих факторов;

- внедрение автоматизированной системы контроля за технологической схемой системы охлаждения паро-инжекционного типа энергоблока ПГУ.

Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в том, что полученные результаты могут быть применимы для изучения вопросов оптимизации работы тепломеханического оборудования как одного конкретного технологического процесса, так и для всей системы в целом.

Практическая значимость научной работы состоит в том, что результаты могут быть применимы на тепломеханическом оборудовании энергетических предприятий страны.

В ходе исследования была разработана и описана математическая модель работы парового эжектора;

- результаты проводимых экспериментов, направленных на интенсификацию теплообмена пластинчатых теплообменников, могут использоваться в рамках рационализаторских предложений по повышению эффективности работы энергетических предприятий.

Основные полученные результаты проведенного исследования заключаются в следующем:

1. В ходе проведенного исследования обозначены основные проблемы эксплуатации системы замкнутого контура охлаждения (далее ЗКО). Подробное изучение эксплуатационных характеристик оборудования позволило подобрать наиболее эффективные методы интенсификации теплообмена, а также разработать мероприятия по поддержанию безаварийно работы тепломеханического оборудования.

2. Разработана математическая модель расчета эжектора пароинжекционной холодильной машины. Результаты расчетов математической модели демонстрируют характер протекания процессов тепло и массопереноса, изменения температуры, давления и скорости течения рабочего тела.

3. Отражены механизмы воздействия пассивных методов интенсификации на поверхностях теплообмена пластинчатых теплообменных аппаратов. В частности, показано, что применение химических добавок, содержащих фосфатные соединения вместе с промывочным агентом пластинчатого теплообменного аппарата имеет положительный эффект. На пластинах теплообменного аппарата замечено значительное сокращение отложений в виде ила и иных крупных частиц грязи. Время засорения теплообменного аппарата увеличилось с 18 до 30 суток. Разность температур на входе условно-холодной и выходе охлаждаемой жидкости именуемый как температурный перепад достиг 40°C , что положительно сказывается на процессе охлаждения потребителей ЗКО. Температура охлажденной воды на выходе из ТЗКО при максимальной нагрузке энергоблока опустилась с 360°C до 290°C . Однако при эксплуатации системы ЗКО в летний период, а также при высоких температурах наружного воздуха полученного положительного эффекта недостаточно, для поддержания безаварийного режима работы оборудования. И при

достижении температуры охлажденной воды более 39°C возникает необходимость параллельного подключения второго ТЗКО.

4. Произведен обзор действующих трансформаторов теплоты, применение которых: а) технологически эффективно, б) экономически выгодно, в) доступно для внедрения и обслуживания для конкретной действующей системы охлаждения рабочего тела и механизмов газодожимного компрессора. В частности, речь идет об использовании трансформаторов теплоты струйного типа – парожетторной холодильной установки. В первую очередь это обусловлено наличием доступных вторичных энергоресурсов на ТЭЦ (острый пар из коллектора собственных нужд). Еще одним фактором, влияющим на выбор ПЭХУ как дополнительного способа охлаждения, является достижение необходимой холодопроизводительности – 500 КВт. Полученные в результате расчетов тепловые и геометрические характеристики эжектора позволяют решить задачи исследования.

5. Произведен обзор имеющихся методов интенсификации теплообмена, которые применимы на имеющемся оборудовании. Схематически показаны примеры методов интенсификации теплообмена, отвечающие условиям эксплуатации тепломеханического оборудования для действующей схемы ЗКО.

6. Предложены два способа повышения эффективности работы ЗКО: 1. Разработка системы охлаждения паро-инжекционного типа; 2. Применение пассивных методов интенсификации теплообмена.

Полученные значения граничных условий в результате моделирования процессов тепло и массопереноса в ANSYS CFX являются основой для создания математической модели расчета парожетторной холодильной установки, работающей с использованием вторичных энергоресурсов с широким диапазоном параметров. В ходе проведения расчетов, наиболее оптимальными значениями параметров рабочего тела в эжекторе являются

значения, лежащие в диапазонах: $P_{o.п.} = 0,5-1,5$ МПа, $T_{o.п.} = 460-570$ К, $P_{инж} = 0.001-0,0005$ МПа и $T_{инж} = 280$ К, $P_{см} = 0,0045- 0,0056$ МПа.

7. По результатам теплового и гидравлического расчета пластинчатого теплообменного аппарата доказано что наиболее эффективно на производительность теплообменника влияет только расход теплоносителей. Расход определяет скорость теплоносителя в каналах теплообменника, соответственно и увеличивают интенсификацию теплообмена.

8. Технические решения, принятые в результате исследования, направленные в первую очередь на поддержание безаварийной работы всего оборудования энергоблока, рекомендованы главным специалистам теплотехнической службы, в рамках реализации программы рационализаторских предложений, направленных на эффективность работы теплотехнического оборудования станции.

Название научных мероприятий, в которых были изложены основные положения исследования.

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень 2021» ВАК при Минобрнауки России:

1. Дерюгин Н.В., Бородина Е.С., Седляров О.И., Тюрин М.П., Система охлаждения паро-инжекционного типа парогазовой установки // Дизайн и технологии. – 2020. – № 76 (118). с. 78-82.

2. Дерюгин Н.В., Тюрин М.П., Бородина Е.С., Разработка системы охлаждения паро-инжекционного типа для газо-дожимного компрессора парогазовой установки// Энергосбережение и водоподготовка. – 2021.–№ 1 (129). – с. 56-64.

Статьи в прочих изданиях:

1. Кочетов О.С., Тюрин М.П., Дерюгин Н.В., Методика расчета систем кондиционирования воздуха. // Технические науки на службе

созидания и прогресса. // Сборник статей международной научно-практической конференции. Самара., – 2017. с. 131-133.

2. Кочетов О.С., Полифтова А.П., Дерюгин Н.В., Экспериментальные характеристики акустических форсунок. // Научно-практические аспекты развития современной техники и технологий в условиях курса на инновации. // Сборник статей по итогам международной научно - практической конференции. Стерлитамак., - 2017. с.127-129.

3. Бородина Е.С., Дерюгин Н.В., Сравнительный анализ различных поверхностей теплообмена. // Сборник материалов по итогам международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Инновации -2018). Часть.3 М., 2018. с. 96-99.

4. Дерюгин Н.В., Тюрин М.П., Система охлаждения паров-инжекционного типа парогазовой установки. // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Инновации - 2020). Часть.3 М., 2020.» с.22-27.