

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 13.06.01 Электро- и теплотехника / 05.14.14 Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

Школа Инженерная школа энергетики

отделение Научно-образовательный центр им. И.Н. Бутакова

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Совершенствование методики расчета газопаровой установки с впрыском пара в камеру сгорания

УДК 621.11:621.438.016.05:621.43.03

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A5-46	Туболев Александр Анатольевич		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ИШЭ	Матвеев Александр Сергеевич	Кандидат технических наук		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель НОЦ И.Н. Бутакова	Заворин Александр Сергеевич	Профессор, Доктор технических наук		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Галашов Николай Никитович	Кандидат технических наук		

Во введении раскрывается актуальность диссертации, сформулированы цели и задачи, отражена теоретическая и практическая значимость, научная новизна полученных результатов.

В первой главе проведен анализ состояния вопросов повышения эффективности парогазовых установок, изучены ключевые публикации по теме исследования. Выполнен анализ современной научной литературы по газотурбинным установкам с впрыском водяного пара в газовый тракт. Наиболее энергетически эффективный и экономически обоснованный способ – впрыск пара в камеру сгорания. Проанализированы основные методические подходы к определению технико-экономических показателей парогазовых установок.

Во второй главе выполнена разработка и верификация математической модели для расчета тепловой схемы газопаровой установки, разработанной на основе методики расчета ГПУ МЭИ. Комплексный анализ расчетных и литературных данных указывает на правильность разработанного алгоритма и математической модели. Проведен анализ влияния впрыска пара в камеру сгорания на энергетические показатели газопаровой установки. Получены основные зависимости характеристик работы простой газопаровой установки с впрыском пара в камеру сгорания и исходной газотурбинной установки (без впрыска пара) от входных параметров. С ростом температуры газов перед турбиной от 900°C до значений порядка 1300°C положительный эффект от впрыска пара усиливается довольно резко. Дальнейшее увеличение температуры практически не влияет на изменение прироста КПД установки. В среднем прирост КПД составляет величину 8,5%.

Положительный эффект впрыска пара на КПД обусловлен увеличением массового расхода рабочего тела и удельной теплоемкости потока, так как удельная теплоемкость пара значительно выше удельной теплоемкости воздуха и продуктов сгорания. Разность массового расхода рабочего тела в аналогичных вариантах с впрыском и без него снижается с ростом температуры газов перед турбиной, при этом относительная доля водяных паров возрастает. Этот факт объясняет наличие некоторого значения температуры газов перед турбиной, выше которой эффект от впрыска пара позволяет получить прирост КПД установки.

Впрыск пара: значительно повышает величину удельной мощности установки на 1 кг сжимаемого воздуха в компрессоре; вызывает более резкое изменения удельной мощности от степени сжатия в компрессоре; повышает прирост удельной мощности при увеличении температуры газов перед газовой турбиной.

В третьей главе выполнено совершенствование методики расчета газопаровой установки, заключающееся в возможности проведения расчетов с выбором состава тепловой схемы.

Выполнена разработка расчетных модулей тепловой схемы ГПУ и программного комплекса на их основе.

Представлен расчетный модуль компрессора, камеры сгорания, газовой турбины, паровой турбины, котла-утилизатора, конденсационного теплоутилизатора. В работе рассматривается конденсационный теплоутилизатор контактного типа.

Разработан программный комплекс для расчета тепловых схем ГПУ, позволяющий проводить параметрический анализ различных вариантов тепловых схем газопаровых установок.

Выполнен анализ влияния на характеристики ГПУ включения в тепловую схему паровой турбины. Наличие паровой турбины в схеме ГПУ приводит к росту КПД и мощности. С увеличением температуры газов на выходе из камеры сгорания и степени сжатия в компрессоре прирост этих показателей снижается.

Выполнен анализ влияния организации вторичного перегрева пара на основные характеристики ГПУ. Вторичный перегрев водяного на максимальный КПД газопаровой установки влияет незначительно. Следует отметить, смещение допустимых по условию соблюдения принятых минимальных температурных напоров в КУ пределов изменения степени сжатия воздуха в компрессоре. Наличие вторичного перегрева пара смещает эти пределы в сторону более низких значений при одной и той же температуре парогазовой смеси за камерой сгорания. Наряду с КПД, наблюдается снижение удельной мощности установки из расчета на один кг воздуха сжимаемого компрессором.

В заключении представлены основные итоги диссертационной работы.