

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Тугова Андрея Николаевича

на диссертацию Филиппова Прокопия Степановича

«Влияние способов управления теплофизическими параметрами рабочего тела на энергетические показатели газотурбинного цикла ПГУ на искусственном газовом топливе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника».

1. Актуальность работы.

В настоящее время перспективным направлением решения глобальных экономических и экологических проблем, связанных с твердотопливной тепло- и электрогенерацией, наряду с развитием высокоэффективных пылеугольных энергоблоков на суперсверхкритических параметрах, является разработка новых парогазовых установок (ПГУ) на искусственных газовых топливах. К искусственным газовым топливам относятся синтез-газы термохимической конверсии органических топлив в системе внутрицикловой газификации ПГУ-ВЦГ и технологические газы – побочные продукты металлургической, химической и нефтяной промышленности.

Практически во всех ПГУ на искусственных газах для достижения экологических и экономических показателей организуется предварительная подготовка газотурбинного топлива и окислителя перед подачей их в камеру сгорания, что позволяет управлять теплофизическими параметрами рабочего тела турбинной установки и, тем самым, унифицировать конструкцию и оптимизировать работу ПГУ в целом. Оценка влияния конкретных способов такого управления, каковыми являются калорический (путем изменения теплоты сгорания газотурбинного топлива) и термический (путем изменения температурного уровня топлива и / или окислителя), на характеристики работы газотурбинного цикла ранее не проводилась. В этой связи, поставленные в этом направлении и решенные соискателем задачи исследования весьма актуальны.

Тематика исследования соответствует утвержденным на Федеральном уровне Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ (п. 08 – Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика) и Перечню критических технологий РФ (п. 27 – Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе).

2. Содержание работы.

В работе на основании экспериментальных и численных исследований выполнена оценка влияния термического способа управления теплофизическими параметрами на характеристики горения (режимы погасания и образование NO_x и CO) искусственных газов, а также отработана методика и проведен термодинамический анализ чувствительности работы газовой турбины и газотурбинного цикла в целом к калорическим и термическим способам управления теплофизическими параметрами рабочего тела. Это определило структуру диссертации, которая состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, содержащего 123 наименований, и 17 приложений.

Диссертация изложена на 196 страницах и снабжена 92 рисунками и 23 таблицами.

Во введении диссертации рассмотрена актуальность исследуемой темы, сформулирована цель исследования, отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные защищаемые положения, кратко излагается структура и содержание работы.

В первой главе представлен аналитический обзор литературных источников по теме исследования. Описаны и проанализированы различные схемы и условия работы ПГУ на искусственных газах, которые отличаются от традиционных на стандартном топливе применением камер сгорания, модифицированных для работы в диффузионном режиме горения без предварительного смешения. Отмечено, что наибольшее распространение получили ПГУ на искусственных газах на основе *Air-fuel*. Выполнен анализ состава и характеристик различных искусственных газовых топлив. Сформулированы выводы аналитического исследования и на их основе поставлены задачи дальнейшего исследования.

Во второй главе приведены методики экспериментального, численного и термодинамического исследований. Описана экспериментальная установка, которая основана на диффузионном способе сжигания микроструйного топливного газа в спутном потоке высоконагретого (до 800 °С) воздуха. Представлены программа экспериментального исследования и верификация используемых в численном исследовании моделей расчета. Особое внимание уделено выбору и верификации подмоделей образования и разложения NO_x в процессе горения газового топлива. Дано описание методики термодинамического исследования и представлены формулы расчета.

В третьей главе представлены и проанализированы результаты экспериментального исследования влияния режимов течения воздуха и модельного топлива на воспламенение и погасание диффузионного факела, а также степени нагрева воздуха на выбросы NO_x при горении смеси CO-N_2 в разных концентрациях. Обозначена возможность сжигания низкокалорийных искусственных газов в высокотемпературном воздушном окислителе с допустимыми выбросами NO_x , поскольку выявленный в процессе опытов значительный запас устойчивости горения позволяет применить известные методы подавления образования оксидов азота (например, мокрую коррекцию). Часть полученных экспериментальных данных в дальнейшем использовалась для верификации модели расчета образования NO_x .

В четвертой главе представлены и проанализированы результаты численного исследования влияния сухой (за счет подачи азота в топливной газ и, тем самым, снижением его теплоты сгорания) и мокрой (за счет впрыска пара) коррекции на выход NO_x . Для условий высокотемпературного (более 500 °С) предварительного подогрева топлива и окислителя определены расчетные режимы сжигания искусственных газов в модельной камере сгорания ГТУ с выбросами NO_x ниже нормируемых.

В пятой главе представлены и проанализированы результаты термодинамического исследования влияние калорических и термических способов управления теплофизическими характеристиками рабочего тела на характеристики газотурбинного цикла.

В заключении приводятся основные выводы работы, а также перспективы дальнейшей разработки темы.

3. Научная новизна.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1) на основе анализа литературных источников выявлены и проанализированы калорические и термические способы управления теплофизическими характеристиками рабочего тела газовой турбины ПГУ на искусственных газах;

2) экспериментально определено влияние термического способа управления теплофизическими характеристиками рабочего тела на пределы потухания и экологические характеристики горения модельных искусственных газов на основе СО;

3) определены расчетные режимы экологически безопасного сжигания искусственных газов в модельной камере сгорания ГТУ;

4) выявлены зависимости характеристик газотурбинного цикла от способов управления теплофизическими характеристиками рабочего тела.

4. Практическая значимость.

Полученные результаты могут быть применены при разработке новых ПГУ на искусственных газовых топливах. Выявленные расчетные зависимости энергетических и экономических показателей газотурбинного цикла от теплофизических характеристик рабочего тела создают теоретическую основу для разработки перспективных энергетических циклов на основе газотурбинных технологий. Практические результаты работы могут найти применение на предприятиях ТЭК.

5. Достоверность результатов.

Обоснованность выводов и научных положений, а также достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Основные научные положения диссертационной работы базируются на экспериментальных данных и общепринятых теоретических и расчетных подходах, характерных для этого направления теплотехники.

6. Замечания и вопросы:

1. Результаты экспериментальных исследований получены для модельных искусственных газов на основе только СО. В тоже время известно, что основными горючими компонентами искусственных газовых топлив являются не только СО, но и Н₂. В работе не указано, как повлияет наличие водорода в газе, например, на воспламенение и погасание диффузионного факела.

2. В диссертации на с. 100 отмечается, что «отклонение расчетных результатов численного моделирования горения газового топлива в потоке высокотемпературного (800 °С) воздуха от собственных экспериментальных данных составило 0,5-7,89 %». А выполнялось ли численное моделирование горения модельного топлива, которое использовалось в опытах, и, если да, то какое в этом случае было отклонение?

3. Следовало бы указать, при каком давлении выполнялись экспериментальные исследования (эксперименты № 1-3) и влияет ли давление на полученные результаты.

4. На рис. 1 автореферата нет расшифровки позиций, что усложняет его восприятие.

5. На рис. 3 автореферата показан график проведения эксперимента № 2, а не № 1. Данный рисунок соответствует рис. 3.10 диссертации.

6. Следует отметить некоторую несбалансированность отдельных глав диссертации между собой по объему. Например, глава 5 «Результаты термодинамического исследования» изложена на 50 страницах, а глава 4 «Результаты численного исследования» занимает всего 5 страниц.

Приведённые вопросы и замечания не влияют на основные результаты, полученные в данной работе, и не снижают её научной и практической значимости. Работа носит завершённый характер.


Результаты работы достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УРФУ (в том числе, входящие в Scopus), и представлены на профильных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

7. Заключение.

Диссертация Филиппова П.С. «Влияние способов управления теплофизическими параметрами рабочего тела на энергетические показатели газотурбинного цикла ПГУ на искусственном газовом топливе» соответствует паспорту специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника и требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ. Автор диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты), ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), заведующий отделением парогенераторов и топочных устройств.


18.02.2022

Тугов Андрей Николаевич

Адрес: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14.

E-mail: antugov@vti.ru

Тел.: 8 (495) 137-77-70, доб. 20-34

Подпись А.Н. Тугова заверяю

Руководитель отдела

По управлению персоналом



/И.А. Картошкна/