

JOINT-STOCK COMPANY
«KAZAN MOTOR-BUILDING
PRODUCTION ASSOCIATION»



«КАЗАН МОТОРЛАР
ТӨЗУ ПРОИЗВОДСТВО БЕРЛӘШМӘСЕ»
АКЦИОНЕРЛЫК ЖӘМГҮЯТЕ

420036, Республика Татарстан, г.Казань, ул. Дементьева, д.1, Телефон/факс: (843) 571-93-63, e-mail: kmpo@oao.kmpo.ru

«15» апреля 2025 г. № 80-0/941

НА ВАШ № _____ ОТ _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Кутлумухамедова Артура Рамилевича

«МЕТОД РАСЧЁТА ВЫБРОСОВ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА С ФОРМАЛИЗОВАННЫМ ВЫДЕЛЕНИЕМ ЗОН, ЛИМИТИРУЮЩИХ ЕГО ОКИСЛЕНИЕ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГА- ЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Актуальность темы диссертации.

Газотурбинные энергетические установки являются одним из главных загрязнителем атмосферы, формируя углеродный след они разрушают озоновый слой Земли – естественного защитителя от прямого ультрафиолетового излучения Солнца. Решающую роль в загрязнении воздуха играют газотурбинные двигатели находящиеся в составе энергетических установок.

Борьба с загрязнением атмосферы токсичными веществами выбрасываемыми газотурбинными энергетическими установками явилась толчком для проведения работ по ограничению и уменьшению токсичности выбросов газотурбинных двигателей.

Основными загрязняющими веществами, которые выбрасываются газотурбинными двигателями, являются несгоревшие углеводороды HC, окись углерода CO, окислы азота NOx .

Существенное снижение выбросов этих веществ может быть достигнуто главным образом совершенствованием процесса сжигания топлива в камере сгорания. Поэтому тема диссертационной работы, целью которой является «повышение эффективности проектирования камер сгорания газотурбинных двигателей, работающих на природном газе, при оценке выбросов монооксида углерода за счёт формализованного выделения зон, лимитирующих его окисление» является весьма актуальной.

Исполнено _____ В ДЕЛО № _____

исх. №, дата, подпись

Входящий № 207-3200
Дата 21 АПР 2025
Самарский университет

Научная новизна.

1 Разработан новый метод расчёта выбросов монооксида углерода (СО) из камер сгорания ГТД с применением детальной химической кинетики, отличающийся формализованным построением реакторной модели камеры сгорания по результатам трёхмерного CFD моделирования со схематичным описанием структуры течения, распределения воздуха и неравномерности коэффициента избытка воздуха.

2 Разработан новый критерий формирования реакторной модели камеры сгорания, отличающийся обобщением «бедных» зон, неравномерно распределённых в рабочем объёме, в низкотемпературные «бедные» струйки с низкой скоростью окисления монооксида углерода.

3 Разработан новый критерий моделирования реакторами зоны пламени, отличающийся выделением высокотемпературной зоны с существенным сдвигом равновесия в сторону монооксида углерода.

4 Представлены новые расчётные зависимости влияния на выбросы СО распределения коэффициента избытка воздуха по длине жаровой трубы конвертированной «богато-бедной» малоэмиссионной камеры сгорания, отличающиеся законом подвода воздуха и режимными параметрами, совместно с данными сравнительного анализа результатов расчётов с экспериментом.

Практическая значимость работы заключается в разработанном расчётном методе, позволяющим прогнозировать выбросы СО из камер сгорания ГТД на этапе оптимизации распределения воздуха по длине, что снижает материальные и временные затраты по доводке камеры сгорания.

Во введении изложена актуальность темы исследования, кратко описана степень её разработанности, отмечены цель и задачи работы, приведены положения, выносимые на защиту, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе раскрывается актуальность проблемы снижения выбросов монооксида углерода (СО) из камер сгорания ГТД.

Во второй главе отмечено, что в качестве приоритетной выбрана концепция создания комбинированных методов расчёта выбросов вредных веществ из камер сгорания (комбинируются CFD и реакторный метод).

В третьей главе описан разработанный метод расчёта выбросов монооксида углерода из камер сгорания ГТД с критериями формализованного построения реакторной модели по результатам CFD моделирования.

Четвёртая глава посвящена апробации разработанного метода.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- применением сертифицированного коммерческого программного продукта ANSYS CFX v.16.1 (вычислительная газовая динамика) и программного пакета CANTERA 2.4.0 (термохимия), верифицированных разработчиками и апробированными исследователями на типовых задачах, характерных для камер сгорания ГТД;

- применением отработанного и широко себя зарекомендовавшего механизма химической кинетики GRI-Mech 3.0, разработанного и оптимизированного для расчётов окисления метана (природного газа);
- применением метрологически аттестованного и поверенного измерительного оборудования;
- высоким уровнем соответствия расчётной и экспериментальной зависимостей выбросов монооксида углерода от режима работы камеры сгорания ($[CO] = f(\alpha)$).

Стоит отметить недостатки в работе:

1. Из автореферата не понятно, выполнялась ли проверка достоверности экологических измерений (представительности пробы) посредством сравнения измеренных газоанализатором коэффициентов избытка воздуха $\alpha_{зам}$ с рассчитанными по измеренным величинам расходов воздуха и топлива на двигателе $\alpha_{расч}$.
2. Не показано содержание кислорода в пробах продуктов сгорания и его учет при приведении концентрации к 15 % O₂.

Отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационной работы, которая является завершённой научно-квалификационной работой. По степени актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает, требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ.

Полученные в ней результаты соответствуют основным требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Кутлумухамедов Артур Рамилевич заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Согласен с включением моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Кутлумухамедова А. Р. и их дальнейшую обработку.

**Заместитель главного конструктора
АО «КМПО», кандидат техн. наук**

**Бакланов
Андрей Владимирович**

Личную подпись А.В. Бакланова заверяю

Бакланов Андрей Владимирович
Кандидат технических наук (2.5.15) – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов),

Акционерное общество «Казанское моторостроительное производственное объединение».

Адрес: 420036, г. Казань, ул. Дементьева, д. 1.

Телефон: (843) 221-26-64.

Адрес электронной почты: kmpo@oao.kmpo.ru, andreybaklanov@bk.ru.

Вэб-сайт: <http://www.kmpo.ru>.



Солымова Т.В. 14.04.25