

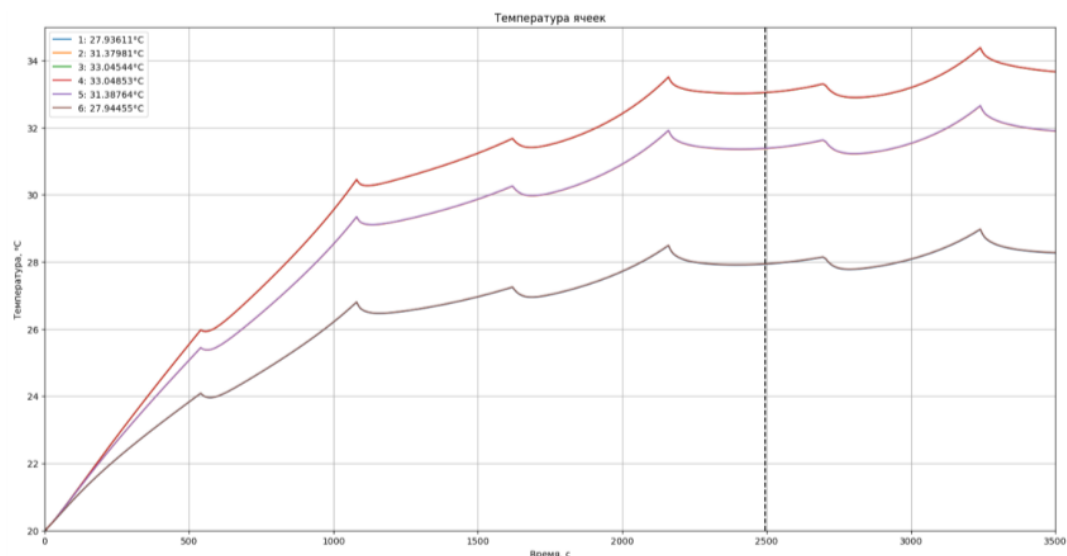


Рис. 8. График нагрева ячеек аккумуляторного модуля

Согласно полученным кривым видно, что поток воздуха охлаждает ячейки модуля неравномерно, т. к. площадь конвективной теплопередачи у центральных ячеек значительно меньше, чем у крайних. Температуры ячеек модуля почти что симметричны. Разница температур 3 и 4 ячейки не превышает одной сотой.

При проектировании систем, тепловые модели помогают удостовериться, что разрабатываемый объект работает в допустимом температурном диапазоне. У литий ионных аккумуляторов при превышении максимальной температуры снижается выдаваемая мощность, а также ускоряется процесс деградации. Математические модели позволяют избежать таких сценариев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775399001780> (дата обращения 18.11.2024)
2. URL: https://www.researchgate.net/publication/327966044_Review_Of_Comparative_Battery_Energy_Storage_Systems_Bess_For_Energy_Storage_Applications_In_Tropical_Enviroments (дата обращения 18.11.2024)
3. URL: <https://repeatlab.ru/> (дата обращения 12.11.2024)

НЕДОСТАТКИ КАМЕР СГОРАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ГТД

Р.С. Казаков

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа А4-31

Научный руководитель: А.В. Гиль, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова

Газотурбинные двигатели (ГТД) являются одним из ключевых элементов в технологических процессах энергетических отраслей. Компактная конструкция, высокая удельная мощность, энергоэффективность и оперативность обуславливают широкое применение ГТД в роли основного энергопривода для энергетики, авиации, транспортировки углеводородов и других областей. В настоящее время процесс совершенствования ГТД лимитирует камера сгорания, определяя его важнейшие характеристики: экономические, экологические и ресурсные [1].

Камеры сгорания представляют собой сложные технические устройства, требующие детального проектирования, изготовления и обслуживания. Несмотря на свою важность и широкое применение, камеры сгорания имеют ряд недостатков, которые необходимо учитывать при их разработке, эксплуатации и техническом обслуживании [2]. В данной обзорной статье рассмотрены основные недостатки камер сгорания ГТД и методики борьбы с ними.

К недостаткам камер сгорания стационарных ГТД можно отнести:

1. *Выбросы вредных веществ.* Процесс горения топлива приводит к образованию больших концентраций оксидов азота в продуктах сгорания, что негативно сказывается на экологии.

2. *Высокие температуры.* Сжигание топлива в зоне горения сопровождается высокими температурами, которые могут привести к термической усталости материалов и снижению их прочности.

3. *Сложность конструкции.* Камеры сгорания имеют сложную геометрию и состоят из множества деталей, что усложняет их изготовление и обслуживание. Сложности к проектированию и изготовлению добавляет необходимость разработки многофункциональных систем охлаждения теплонапряженных элементов жаровой трубы, которые должны эффективно отводить тепло, предотвращая перегрев критически важных элементов и обеспечивая максимальный ресурс двигателя. Сложная геометрия камеры сгорания ведет к неравномерному протеканию процесса горения, что ведет к образованию горячих и холодных зон, которые негативно влияют на эффективность сгорания [3].

4. *Ограниченность применения.* Конструктивные особенности, термодинамические процессы, протекающие внутри камеры сгорания и материалы обуславливают ограничения по максимальной мощности. Расширение диапазона мощности требует дополнительных систем охлаждения и фильтрации, что усложняет конструкции установки и увеличивает ее стоимость. Это ограничивает привлекательность газотурбинных систем для некоторых промышленных приложений, где важна не только мощность, но и экономичность и простота обслуживания.

5. *Необходимость в использовании АСУ.* Важнейшей задачей является поддержание стабильности процесса горения и обеспечение безопасности работы, для чего требуется сложная система управления и контроля.

Несмотря на ряд своих недостатков, камеры сгорания ГТД остаются востребованными в различных областях благодаря своей высокой термодинамической эффективности и сравнительной надежности. Для устранения вышеупомянутых недостатков проводятся исследования и разработки новых технологий и материалов.

Современные тенденции в энергетике направлены на широкое применение численного моделирования рабочего процесса в камерах сгорания, который позволяет инженерам глубоко и полно изучить влияние конструктивных и режимных изменений на основные характеристики КС.

Одним из основных подходов является применение инновационных материалов. Камеры сгорания являются жесткой эксплуатационной средой, поэтому критически важным является разработка новых материалов, устойчивых к высоким температурам и давлению, что позволяет значительно продлить срок службы камер сгорания. Новые композитные материалы на основе керамики и металлических сплавов имеют высокую устойчивость к коррозии и способны уменьшить механический износ, обеспечивая надежность и стабильность работы оборудования. Термоизоляционные покрытия позволяют снизить окисляцию и термическую усталость [4].

Главной задачей на этапе экологической модернизации камер сгорания является снижение выбросов оксидов азота в продуктах сгорания. Уменьшение выбросов оксидов азота можно добиться с помощью следующих методов: сжигание обедненной, предварительно перемешанной топливной смеси; впрыск воды (пара) в зону горения; каталитическое сжигание топ-

тивно-воздушной смеси [5]. Однако каждый из этих методов имеет значимый недостаток. Технология впрыска воды требует использования дополнительного оборудования для подачи воды или водяного пара в камеру сгорания, что приводит к увеличению массы установки; также впрыск воды приводит к снижению полноты сгорания топлива. Сжигание обедненной предварительно перемешанной топливной смеси вызывает проблему сужения диапазона устойчивого горения. Высокая стоимость катализатора и необходимость в его периодической замене встают на пути широкого применения каталитических камер сгорания.

Совершенствование камер сгорания неразрывно связано с инновациями в области технологий и материалов, а также с поиском новых оптимальных конструкций, обеспечивающих высокую полноту сгорания топлива, низкую эмиссию вредных веществ и устойчивое протекание процессов в широком диапазоне нагрузок.

На основании проведенного анализа возможных негативных факторов эксплуатации камер сгорания ГТД можно констатировать, что современные тенденции снижения выбросов NO_x могут приводить к недожогу топлива, к существенному усложнению конструкции камер сгорания, что так же отражается на их надежности и стабильности несения нагрузки. При этом повышение КПД ГТУ непосредственно связано с увеличением температуры газовоздушной смеси за камерой сгорания, но это приводит к увеличению эмиссии NO_x . Поэтому с целью обеспечения надежной, экологичной и эффективной работы ГТУ имеет большое значение развитие технологий и подходов применения численного моделирования. Численные методы позволяют снизить временные и материальные затраты по отношению к натурным исследованиям, в особенности при проведении большого числа вариативных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые подходы к созданию низкоэмиссионных камер сгорания ГТУ / В.С. Арутюнов, В.М. Шмелев, А.Н. Рахметов и др. // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 6-2(128). – С. 105–120.
2. Рудаченко А.В., Чухарева Н.В. Газотурбинные установки для транспорта природного газа: учебное пособие второе издание переработанное: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 217 с.
3. Мингазов Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. унта, 2006. – 220 с.
4. Харлина Е.В. Малоэмиссионные камеры сгорания и способы охлаждения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 70. – С. 29–40.
5. Комаров Е.М. Методы уменьшения эмиссии вредных веществ в камерах сгорания ГТД и ГТУ // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2018. – № 05. – С. 9–29.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И УСЛОВИЙ ПРОЦЕССОВ ЗАЖИГАНИЯ ЧАСТИЦ ВЛАЖНОГО УГЛЯ СОВМЕСТНО С ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССОЙ

А.А. Омаров, Ж.А. Косторева, С.В. Сыродой

Томский политехнический университет, ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа АЗ-11

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, д.ф.-м.н., профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Решение значительного сокращения выбросов антропогенных оксидов в атмосферу при сжигании угля является использование водоугольных суспензий, которые как правило называют водоугольным топливом [1–6]. Установлено, что при сжигании таких топлив существенно снижаются выбросы антропогенных оксидов на единицу массы угля [7]. Так же положительный эффект на секвестирование антропогенных оксидов, образующиеся в результате сжигания угля, оказывает – добавление биомассы, чаще всего древесной.

Целью данного исследования это, провести эксперимент с зажиганием частиц увлажненного угля совместно с древесной биомассой, для секвестирования антропогенных выбросов