

Данная работа была поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» в рамках соглашения RFMEFI58716X0033.

Список литературы

1. *Щепакина Е.А.* Притягивающе-отталкивающие интегральные поверхности в задачах горения // Математическое моделирование. 2002. Т. 14. № 3. С. 30–42.
2. *Shchepakina E.* Black swans and canards in self-ignition problem // Nonlinear Analysis: Real World Applications. 2003. Vol. 4. P. 45-50.
3. *Соболев В.А., Щепакина Е.А.* Редукция моделей и критические явления в макрокинетике. М.: Физматлит, 2010. 319 с.
4. *Shepakina E., Sobolev V., Mortell M.P.* Singular Perturbations. Introduction to System Order Reduction Methods with Applications. Cham: Springer, 2014. 212+XIII p.
5. *Sazhin S.S., Shchepakina E., Sobolev V.* Positively invariant manifolds: concept and applications // Journal of Physics: Conference Series. 2017. V. 811. 012015.

УДК: 621.431.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОТОКА ЗА КОМПРЕССОРОМ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ ГАЗА НА ВХОДЕ В ТУРБИНУ

Орлов М.Ю., Самарский университет, НОЦ ГДИ, г. Самара,
Анисимов В.М., Самарский университет,
НОЦ ГДИ, г. Самара, vradik@mail.ru
Лукачев С.В., Самарский университет, г. Самара

Ключевые слова: камера сгорания, компрессор, турбина, совместный расчёт, моделирование, конечные элементы, горение, вредные выбросы, режим работы ГТД

Улучшение показателей современных ГТД и ГТУ предполагает не только оптимизацию осреднённых по сечению параметров, но и формирование необходимого распределения их по сечению. Камера сгорания как один из основных элементов ГТД и ГТУ влияет практически на все их характеристики. Так, например, формирование температурного поля на входе в турбину определяет ресурс соплового аппарата и рабочего колеса первой ступени турбины высокого давления и двигателя в целом.

Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины предполагает, что рабочий процесс этих элементов связан между собой. Соответственно изменение какого-либо параметра в компрессоре может повлиять на рабочий процесс в камере сгорания, а затем и в турбине. Поэтому при проектировании камеры сгорания важно, например, не только определить поле распределения температуры, но и получить понимание того, как на него влияют различные факторы, в том числе и изменение оборотов ротора двигателя и соответствующее изменение работы компрессора.

Существующие работы по моделированию совместной работы камеры сгорания и других узлов рассматривают в основном взаимодействие компрессора и камеры сгорания и в меньшей степени – процессы во всём двигателе. Между тем виртуальные эксперименты на двигателе могут сделать его проектирование более эффективным. Поэтому целью данной работы является исследование влияния работы компрессора на процессы в камере сгорания и через них на параметры газа перед турбиной.

Объектом исследования был выбран газогенератор ГТУ наземного применения. В качестве расчётного инструмента использовался пакет трёхмерного моделирования Ansys Fluent. Ранее для него была отработана и верифицирована методика расчёта процессов с горением в камере сгорания. Геометрическая модель объекта исследования включает в себя: направляющий аппарат предпоследней ступени компрессора, рабочее колесо и направляющий аппарат последней ступени компрессора высокого давления, камера сгорания, сопловой аппарат и рабочее колесо турбины высокого давления.

Для снижения объёма компьютерной памяти и времени на расчёт вместо полноразмерной окружной модели газогенератора был использован выделенный из неё периодический сектор. Для камеры сгорания он соответствовал двум горелкам, так как у объекта исследования в зависимости от режима работы двигателя расход топлива для чётных и нечётных горелок мог отличаться. Сектора, соответствующие компрессору и турбине, с целью обеспечения периодичности по количеству лопаток могли отличаться от реальных, но не более чем на 10%.

Неструктурированная конечно-элементная модель газогенератора представлена на рис. 1.

Обороты турбины задавались равными оборотам рабочего колеса компрессора, так как они находятся на одном валу. Расчёт проводился в нестационарной постановке для двух рабочих режимов двигателя: номинального и 0.5 от номинального.

Сравнение результатов расчётов показывает существенные различия для данных расчёта КС в составе газогенератора, при её автономном расчёте и расчётах с учётом только компрессора. Причём отличия имеют место как в количественном, так и в качественном соотношении. На обо-

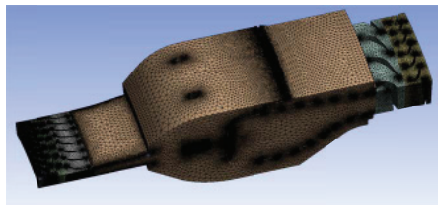


Рис. 1. Конечно-элементная модель газогенератора

их режимах при расчёте камеры сгорания в составе газогенератора форма факела, его размеры и температура отличаются от случая с автономным расчётом камеры сгорания. Например, различие в расчётных значениях температуры составляет до 300°C . Поскольку эти параметры влияют на формирование рабочего процесса КС в зоне горения КС, то можно предположить, что полученные изменения скажутся и в зоне смешения.

Различия в полученных данных не могут быть объяснены влиянием только компрессора. В этом случае данные по расчётам камеры сгорания в составе газогенератора и компрессора с камерой сгорания совпали бы. Так как их сравнение показывает различия, то очевидно, что наличие турбины в расчётах оказывает влияние на рабочий процесс в камере сгорания. То есть влияние таких элементов как компрессор, камера сгорания и турбина друг на друга, имеет место как в прямом, так и в обратном направлении.

Расчёт потерь полного давления для камеры сгорания в составе газогенератора и при её автономном расчёте показал, что получаемые значения могут иметь отличия друг от друга до 30%.

В целом из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

Неравномерность потока за компрессором влияет на процессы, протекающие в зоне горения камеры сгорания.

Изменение характера процессов, протекающих в зоне горения камеры сгорания, приводит к изменению параметров газового потока на входе в турбину.

Расчёт величин выбросов NO_x камерой сгорания и потерь полного давления в ней в составе газогенератора и при автономном расчёте камеры сгорания даёт различные результаты.

Работа турбины влияет на формирование температурного поля на входе в неё, в частности делает его в окружном направлении более неравномерным.

Работы в области данного исследования продолжают в целях более детального изучения химических процессов. Используются реакторные модели. Оценивается протекание химических процессов образования вредных веществ за камерой сгорания, в турбине.