

Рассматриваемый гидравлический динамометр обладает следующими преимуществами:

1) трение при трогании с места и в процессе работы ничтожно мало и соответствует чисто жидкостному трению, чем достигается повышенная чувствительность динамометра;

2) при обеспечении одинаковых режимов течения жидкости на входе через дросселирующий элемент и на выходе через кольцевую щель характеристики динамометра не зависят от внешних условий и рода рабочей жидкости;

3) в качестве рабочего тела можно использовать практически любую жидкость

(воду, керосин, минеральные масла, воздух и т. д.);

4) пониженные требования к материалам и механической обработке поршня и цилиндра.

Разработанный гидростатический динамометр имеет возможность использования в различных отраслях техники. Гидростатические опоры обладают повышенной несущей способностью и жёсткостью. Вместе с тем гидростатические подшипники являются опорами с изменяемой жёсткостью характеристикой. Это позволяет использовать их в качестве амортизаторов и противоударных устройств.

УДК 621.452.3+536.38

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГТД С ВРАЩАЮЩИМИСЯ ФОРСУНКАМИ

©2016 А.Н. Сабирзянов¹, Ю.Б. Александров¹, В.Б. Явкин¹, О.А. Тихонов¹,
Ф.А. Малышев², В.Я. Сигайло²

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева -КАИ

²Омское Моторостроительное конструкторское бюро, г. Омск

DIFFERENT MODELING APPROACHES OF WORKFLOW IN THE COMBUSTION CHAMBER WITH ROTATING INJECTORS

Sabirzyanov A.N., Aleksandrov Ju.B., Yavkin V.B., Tikhonov O.A. (Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan, Russian Federation),

Malyshev F.A., Sigaylo V.Y. (Join-Stock Company «Omsk Engine Design Bureau, Omsk, Russian Federation)

The paper present results of the analysis of the workflow in the combustion chamber with rotating injectors, that are obtained on the basis of the steady and unsteady approaches. Results suggest the possibility of stationary model applying with the pre-vaporized fuel to solve the problem.

Наиболее адекватной моделью рабочих процессов в камере сгорания (КС) ГТД является нестационарная модель, включающая в себя распыл, испарение, смешение, взаимодействие капель жидкого топлива между собой и с нагретыми стенками, химическое реагирование с выделением тепла и образованием продуктов сгорания, а также учитывающая турбулентный характер движения газовых потоков. Однако детальное моделирование представляется весьма проблемным с позиции требуемых вычислительных ресурсов для решения конкретных инженерных задач.

В данной работе объектом исследования являлась КС с вращающимися форсунками для подачи керосина в рабочее пространство КС. Цель работы заключалась в построении и обосновании упрощённой математической модели для проведения параметрических исследований и определения основных характеристик рабочего процесса, исследовании возможности применения различных моделей турбулентности и горения для адекватного описания газодинамических процессов и процессов горения в КС.

Основные причины, позволяющие использовать модель, которая не учитывает

детальные механизмы распыла и испарения жидкого топлива, следующие:

– температура кипения керосина не превышает 350°C , что существенно ниже температуры воздуха на входе в КС и приводит к быстрому его испарению;

– большая часть топлива испаряется внутри камеры вращающегося форсуночного блока, и лишь небольшое количество попадает в основной объём КС в виде капель;

– затраты компьютерных ресурсов для расчета по нестационарной модели с распылом жидкого топлива чрезвычайно высоки.

При существенном упрощении, отказавшись от расчёта процессов распыла и испарения, модель по-прежнему остаётся нестационарной.

Для перехода от нестационарных моделей к стационарным возможны два подхода, основанные на реализации:

1. множественных подвижных областей;
2. поверхности смешения.

В первом подходе моделируемые процессы представляются уравнениями движения, записанными в неподвижных и подвижных системах координат, где вращение учитывается введением в уравнения движения дополнительных ускорений. Подвижные и неподвижные области на самом деле остаются неподвижными, т.е. относительное положение форсунки и отверстий в камере распыла остается неизменным. Неизменное положение отверстий вращающихся форсунок вызывает определённые сомнения по поводу адекватности этой модели, однако большая скорость вращения приводит к возникновению значительной тангенциальной составляющей вектора скорости инжектируемой топливной струи. Это обстоятельство должно приводить к довольно быстрому выравниванию концентрации топлива вблизи поверхности, на которой расположены отверстия.

В модели поверхности смешения происходит осреднение параметров потока на поверхности смешения и в случае наличия возвратных течений, пересекающих поверхность смешения, эта модель не может быть применима. Вследствие этого практическая возможность реализации имеется только у модели множественных вращающихся областей.

Созданы детальные и упрощённые сеточные модели для трёхмерного моделирования газодинамических процессов, процессов испарения и горения в стационарной и нестационарной постановках задачи.

Расчётной областью КС служил сегмент $1/9$ её части со всеми конструктивными особенностями. В качестве примера на рис.1 показан внешний вид геометрической модели для стационарной задачи.

Исследования проводились средствами программного продукта *ANSYS-Fluent* в идеальном газовом приближении несжимаемой среды.

В стационарной постановке проведены расчёты и получены результаты в газофазном приближении с применением модели множественных вращающихся зон. Исследовались модели без учёта и с учётом теплового потока к зоне испарения. Рассматривались стандартная, RNG и Realizable $k-\varepsilon$ модели турбулентности. В качестве моделей горения рассматривались Eddy-Dissipation, Finite-Rate/Eddy-Dissipation, модель термодинамического равновесия и модель ламинарных микропламён. Подход к моделированию, основанный на термодинамическом равновесии, является базовым для сопоставления результатов расчёта.

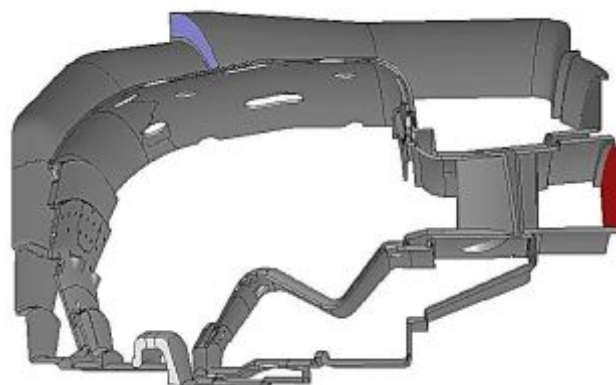


Рис.1. Геометрическая модель сектора КС

В нестационарной постановке получены результаты расчётов в рамках газофазного приближения и по модели распыла и испарения жидкого топлива.

Проведена обработка результатов численного моделирования, получены распределения параметров в продольных и поперечных плоскостях КС, температурное состояние стенок и элементов конструкции

жаровой трубы, коэффициенты гидравлических потерь и восстановления полного давления.

Показана возможность применения газозащитного приближения в стационарной постановке, обеспечивающей результаты моделирования, сопоставимые с результатами, которые получены по модели распыла и испарения жидкого топлива.

Наиболее целесообразным подходом при проектировании КС с вращающейся форсункой к моделированию газодинамических

процессов и процессов горения является стационарный подход с применением RNG $k-\varepsilon$ модели турбулентности, позволяющей корректировать эффекты закрутки потока, и модели ламинарных микропламён, что определяется, в первую очередь, возможностями вычислительных ресурсов. Для корректной реализации данного подхода требуется детальный механизм химических реакций горения керосина.

УДК 621.914.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ТВЁРДОСПЛАВНЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

©2016 М.Б. Сазонов, Л.В. Соловацкая

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

RESEARCH OF VIBRATIONS OF HARD-ALLOY MILLING CUTTERS AT TREATMENT OF TITANIC ALLOYS

Sazonov M.B., Solovatskaya L.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Have been examined reasons of vibrations appearance, and also influence of blank and instrument vibrations on capacity of hard-alloy end capping milling cutters at machining of blanks from titanic alloys. Have been described researches of vibrations influence on firmness of milling cutters, dependences of firmness on the parameters of the cutting mode. Has been presented the chart of dependence of milling cutters firmness at a treatment of titanic alloys. Have been concerned questions of beating points of milling cutters and methods of decline.

При изготовлении лопаток компрессора низкого и среднего давления газотурбинного двигателя большая доля операций механической обработки приходится на операции фрезерования спинки и корыта пера лопаток, а в ряде случаев и замковой части. Для обработки таких лопаток применяются твёрдосплавные концевые фрезы диаметром от 10 мм и выше. Задача повышения стойкости и работоспособности таких фрез является актуальной для современного производства.

Процесс фрезерования всегда сопровождается вибрациями, которые представляют собой вынужденные колебания в сочетании с автоколебаниями. Основными причинами вибраций являются периодическое врезание зубьев, изменение толщины среза по углу поворота фрезы, нелинейная характеристика доминирующей колебательной системы металлорежущего станка, процесса

резания и др. Наибольшее влияние на стойкость фрез оказывают автоколебания, которые происходят с частотой, немного превышающей частоту собственных колебаний системы инструмента. Эта частота определяется по формуле

$$f = \left(\frac{c}{m} \right)^{0.5},$$

где c - жёсткость системы; m - масса системы.

Величина частоты обычно находится в пределах $f = 300 \dots 700$ Гц.

Частота врезания зубьев f_e , Гц составляет

$$f_e = \frac{n \cdot z}{60},$$

n - частота вращения фрезы, об/мин; z - число зубьев фрезы.

Частота f_e в среднем составляет $f_e = 300 \dots 700$ Гц.