

РАЗРАБОТКА МНОГОУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2018 Я.А. Остапюк

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DEVELOPMENT OF THE MULTILEVEL MODEL FOR CONCEPTUAL DESIGNING OF GAS TURBINE ENGINES

Ostapuyuk Ya.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article describes the stages of multilevel model development for conceptual designing of gas turbine engines. The first stage includes the list forming of typical tasks solved at this design stage. Further, the sets of input and output parameters were defined for each task. According to the sets of parameters the model levels were chosen. The second stage includes the implementation of chosen models in CAE-system ASTRA and the development of information support. The further ways of multilevel model development were reported.

Этап концептуального проектирования газотурбинных двигателей (ГТД), тождественный начальному этапу проектирования, характеризуется значительным уровнем неопределённости, источниками которой могут быть неполнота или обобщённость исходных данных, внутренняя противоречивость, неоднозначность и нечёткость ТЗ на проектирование и т.д. При этом растёт технический уровень этих сложных технических систем и существенно сокращаются сроки их создания при одновременном ужесточении требований к ним. Данные факторы обуславливают непрерывное развитие методов проектирования ГТД.

Опыт проектирования ГТД показал, что на современном этапе создания двигателей ключевым и необходимым компонентом является комплексное использование технологий системного анализа, многомерной оптимизации и принципа иерархичности моделирования объекта. Основной концепцией современного проектирования сложных технических систем является использование CALS/ИПИ-технологии, заключающейся в непрерывной информационной поддержке процессов жизненного цикла изделий. Для этого необходима математическая модель, непрерывно развивающаяся на протяжении всего жизненного цикла.

Исходя из этого условия в различных работах была предложена концепция многоуровневого моделирования. Многоуровневая модель ГТД представляет собой совокупность моделей всех элементов и систем

двигателя, используемых на различных этапах жизненного цикла.

Анализ проектных процедур, выполняемых на различных стадиях и этапах проектирования показал, что на этапе концептуального проектирования целесообразно использовать только нольмерные, одномерные и двухмерные модели элементов ГТД, поэтому в данной работе рассматривались только эти модели.

Работа выполнялась в несколько этапов. *Первый этап* заключался в формировании перечня типовых проектных процедур (задач), выполняемых на этапе концептуального проектирования. Далее для каждой задачи определялись наборы входных данных, необходимых для её решения, и выходных данных, необходимых для следующего этапа проектирования. Согласно полученным наборам параметров были определены целесообразные уровни сложности и размерности моделей ГТД. Следует отметить, что для решения проектных задач этого этапа используются только модели двигателя в целом, однако концепция многоуровневой модели подразумевает её формирование из моделей элементов двигателя разной степени детализации.

Второй этап заключался в реализации математических моделей элементов ГТД в САЕ-системе АСТРА и разработке информационного обеспечения системы, которое должно хранить результаты всех расчётов и обновлять/уточнять их после

использования более детализированных моделей элементов двигателя.

Основные сложности заключаются в стыковке моделей узлов ГТД различной детализации между собой и автоматизации процесса проектирования с использованием многоуровневой модели.

Применение результатов данной работы на этапе концептуального проектирования позволит существенно сократить временные затраты и трудоёмкость при небольшом увеличении потребных вычислительных ресурсов в условиях неопределённости исходных проектных данных.

Поскольку результаты, полученные на данном этапе проектирования, используются в дальнейшем в качестве исходных данных

для более детализированного эскизного проектирования, то основное дальнейшее развитие многоуровневой модели заключается во включении в неё моделей вычислительной гидродинамики и прочностных моделей узлов ГТД, в том числе нестационарных, и более детализированных моделей систем управления двигателем.

Вторым направлением развития многоуровневой модели является использование нейронных сетей для сбора и анализа статистических данных. Использование нейронной сети позволит более обоснованно задавать параметры, имеющие высокий уровень неопределённости. Также это может позволить сократить номенклатуру используемых моделей элементов ГТД.

УДК 536.24

ОСОБЕННОСТИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОРОТКИХ КАНАЛАХ ПРЕДЕЛЬНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ

©2018 А.И. Щелоков, И.В. Макаров, Ю.И. Рахимова

Самарский государственный технический университет

CONVECTIVE HEAT-EXCHANGE FEATURES IN SHORT CHANNELS WITH ULTIMATE ROUGHNESS

Shchelokov A.I., Makarov I.V., Rakhimova Y.I. (Samara State Technical University, Samara, Russian Federation)

Augmentation heat transfer by convection created in channel made by impacted rings screw-shaped spiral of tubing. Results were obtained to calculate the coefficients of hydraulic friction in the Reynolds number range from 5000 to 50000.

Создание искусственной шероховатости поверхности нагрева является одним из наиболее эффективных методов интенсификации теплообмена.

Особенностью поверхности теплообмена в цилиндрических каналах из плотно сжатых витков винтовых змеевиков, является то обстоятельство, что в широком диапазоне изменения чисел Рейнольдса не возникает развитого дополнительного вихреобразования, а интенсификация теплообмена происходит за счёт развития поверхности и её конструктивных особенностей - чередования выступов межвитковых и впадин при поперечном обтекании витков змеевиковой поверхности, что приводит к дополнительной турбулизации потока, а также

увеличению степени черноты межвитковых впадин.

Группой авторов (Ибрагимов М.Х., Субботин В.И. и др. [1]) предложено выражение для расчёта коэффициента сопротивления трению шероховатой трубы в следующем виде:

$$\xi_{ш} = \xi_{гЛ} + \left(\frac{D}{S}\right) \cdot N \int_{F_6} \varphi(\gamma) \cdot \left[\frac{U(y)}{U}\right]^2 \cdot dF / F. \quad (1)$$

Как следует из этого выражения, общий (суммарный) коэффициент сопротивления состоит из двух слагаемых:

первое - $\xi_{гЛ}$ - гидравлическое сопротивление гладкой трубы;

второе - $\Delta_{ш}$ - превышение коэффициента гидравлического сопротивления шеро-