именно: на обычных вырубных шаблонах, на шаблонах с эквидистантно расположенной вокруг опорной рамкой, имеющей двойной скос и обеспечивающей предварительное боковое обжатие заготовки в очаге разделения; на локализированном инструменте с дополнительной и без дополнительной опоры; на вырубном инструменте, обеспечивающем противодавление по детали или по отделяемому отходу. Применение того или иного вида вырубного инструмента создает различный механизм разделения заготовки и благоприятную схему напряженно-деформированного состояния в очаге разделения при вырубке-пробивке деталей из пластичных и малопластичных материалов. Для определения технологических возможностей разработанных способов разделения проведены математическое моделирование, численные и экспериментальные исследования. В результате исследований установлено, что в способах разделения с противодавлением, с боковым обжатием заготовки и при вырубке-пробивке на локализированном инструменте напряженно-деформированное состояние при оптимальных параметрах реализации процессов соответствует простому или чистому сдвигу. Интенсификация сдвигового характера процессов разделения данными способами позволила обеспечить вертикальность поверхности среза по разделяемому контуру заготовки, повысить качество и точность вырубаемых деталей из пластичных и малопластичных материалов. На основании исследований и деформационно-силового анализа компонентов энергетических затрат получены несложные аналитические выражения для расчета усилий и рабочего давления эластичной среды, необходимых для реализации разработанных методов разделительной штамповки. В целях интенсификации технологических процессов разделительной штамповки разработаны универсальные средства технологического оснащения: высокопрочные автофретированные контейнеры для вырубки деталей из малопластичных материалов; щелевые контейнеры для вырубки длинномерных деталей; технологическая оснастка для фрагментарной (поэлементной) вырубки крупногабаритных деталей; ротационная компактная установка для беспрессовой групповой вырубки тонколистовых деталей; локализированный инструмент для групповой вырубки деталей. Разработанные технологии разделительной штамповки листовых деталей давлением эластичной среды внедрены на базовых предприятиях аэрокосмической отрасли.

УДК 621.452.32.535.36:621.375/826

МЕТОДИКА УЧЕТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ СМЕСИ ПО СОСТАВУ В ПРОЕКТИРОВОЧНОМ РАСЧЕТЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

Диденко А.А.[1], Соколов А.Б.[2]

[1] Самарский государственный аэрокосмический университет
[2] ООО «Средневолжская газовая компания», г.Самара

TECHNIQUE OF THE REGISTRATION OF NONUNIFORMITY OF A MIX ON A STRUCTURE IN PROJECTING CALCULATION OF THE COMBUSTION CHAMBER OF A TURBINE ENGINE

Didenko A.A., Sokolov A.Б. Existing in СГАУ the technique of one-dimensional calculation of the combustion chamber is essentially added: non-uniformity of fuel distribution in a combustion zone and its combustion over the range air-fuel ratioes 0,55 ... 1,65 is considered; quantity of vaporous fuel on each site is determined taking into account sizes of evaporating drops; for each fraction of burning down fuel the equilibrium structure and adiabatic temperature of a flame of combustion products is determined; the scheme of mixture of combustion products with secondary and mixing air for the purpose of an estimation of non-uniformity of temperature of gas on an exit from the combustion chamber is offered. The renovated technique is illustrated on a particular example.

За основу для разрабатываемой методики взята ныне существующая в СГАУ методика квазиодномерного термогазодинамического расчета камеры сгорания авиационного ГТД.

В соответствие с экспериментальными данными назначается график выгорания топлива по длине зоны горения – интегральный и дифференциальный; дифференциальный показывает, какое количество топлива сгорает на каждом k-ом участке зоны горения. Расчет выполняется в два этапа.

На первом этапе расчет выполняется при условии, что каждая порция топлива - «вся» - сгорает при локальном коэффициенте избытка воздуха α_j = 1; при этом образуются, так называемые, «чистые» продукты сгорания CO_2 и H_2O. Для каждого участка жаровой трубы из уравнений теплового баланса определяется среднемассовая температура газа. Оцениваются начальные размеры капель для момента впрыска топлива такие, которые испарятся полностью к началу участка своего сгорания, обеспечивая назначенный график выгорания топлива.

На втором этапе расчет выполняется в более детальной постановке.

Принимается условие, что топливо сгорает не строго при α_j = 1, а в некотором диапазоне локальных коэффициентов избытка воздуха α_j = 0,55…1,65. Для каждой порции топлива задаются «неоднородностные» функции распределения, которые показывают, какая часть (фракция) каждой порции топлива сгорает на соответствующем своем участке при фактической величине локального α_j.

Для каждой *j*-ой фракции определялся равновесный состав продуктов сгорания и адиабатическая температура пламени. Принималось, что в составе продуктов сгорания присутствуют следующие 10 компонентов: CO_2, CO, H_2O, H_2, O_2, N_2, OH, NO, H, O.

Изменение боковой поверхности капель по времени их пребывания, а точнее - квадрата их диаметра, описывается линейным законом Срезневского. Из этих графиков вычисляется количество парообразного топлива, которое будет готово к выгоранию на соответствующем участке, а также остаточное количеством жидкого топлива в каплях.

Разработана уточненная методика теплогидравлического расчета.

Уравнения теплового баланса позволяют для каждого k-го участка найти среднемассовую температуру пламени $T^*_{ПЛ}$ для каждой порции сгоревших топлива и воздуха. Известными также являются и температуры пламени $T^*_{ПЛ\,j}$ для каждой j-ой фракции. Таким образом, можно оценить неравномерность пламени по температуре.

Из тех же самых уравнений теплового баланса, учитывающих графики выгорания и испарения топлива, в предположении, что вся выделившаяся теплота от только что сгоревших порций топлива и воздуха, а также теплота, привнесенная продуктами сгорания с предыдущих участков, равномерно распределяется по всей массе рабочего тела на данном *k*-ом участке ЖТ, определяется средняя температура газа для всей текущей массы рабочего тела $T^*_Ж$. Результаты далее представляются в виде графика изменения $T^*_Ж$ по длине ЖТ.

Для каждого k-го участка жаровой трубы рассчитываются теплофизические свойства рабочего тела, скорость его движения и время пребывания.

Принята оригинальная схема смешения порций сгоревших топлива и воздуха с соответствующим количеством смесительного воздуха. В результате произведен расчет неравномерности температурного поля в выходном сечении жаровой трубы. Получена функция распределения относительной массы рабочего тела по температуре в выходном сечении и оценен коэффициент неравномерности температурного поля.

Представлены графики изменения состава продуктов сгорания по участкам жаровой трубы КС. Расчет изменения концентраций компонентов продуктов сгорания по длине жаровой трубы производился с учетом влияния локальных α_j, относительной величины массы фракции сгорающего топлива, а также с учетом количества подмешивающегося вторичного воздуха.

Для выходного сечения камеры сгорания рассчитаны индексы эмиссии окислов азота и углерода.

По вычисленным для каждого участка ЖТ размерам капель и известной из кривой выгорания массе сгорающего топлива рассчитываются средние диаметры капель по-Заутеру, а также спектр (функция) распределения капель по диаметрам. Эти данные становятся известными уже на первом этапе проектировочного расчета камеры сгорания и могут быть использованы для подбора типа и проектирования топливной форсунки.

Все расчеты выполнены для условий камеры сгорания ТРДД Д30-КУ.

Результаты расчетов и разработанная методика могут быть применены в индивидуальном курсовом и дипломном проектировании для студентов специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки», а также для инженерных расчетов камер сгорания авиационных ГТД и наземных ГТУ.

Расчеты выполнялись по вычислительной программе, написанной в среде MathCAD. Программа позволяет выполнить расчет при любых значениях исходных данных.

УДК 621.456

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ТРДД И ИХ КАМЕР СГОРАНИЯ

Лукачев С.В., Диденко А.А., Цыганов А.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет

LEARNING OF A THERMO-FLUID DYNAMICS AND ECOLOGICAL PERFECTION OF HIGH-PERFORMANCE CIVIL ТРДД AND THEIR COMBUSTION CHAMBERS

Lukachev S.V., Didenko A.A., Tsyganov A.M. At determination of parametric and constructive appearance of the designed propeller it is required to predict accessible for it level of efficiency and performances of nodes, including ecological. For obtaining of these data probe and the comparative analysis of a thermo-fluid dynamics and ecological perfection 20 of high-performance civil TFE and their combustion chambers is executed. Outcomes are introduced by pivot tables, graphics and регрессионными relations. For an estimation of parametres and performances hypothetical TFE, close examples of their usage are resulted in known Russian and foreign samples. Recommendations about appearance combustion chambers with low lets of deleterious substances are introduced.

Определение параметрического и конструктивного облика проектируемого авиационного ГТД опирается на предварительные оценки достижимого уровня термогазодинамического совершенства его узлов и характеристик, в том числе экологических характеристик камер сгорания (КС) и двигателя в целом. Для обоснования принимаемых решений желательно также располагать соответствующими сведениями о лучших образцах двигателей других разработчиков. В данной работе в форме сводных таблиц, графиков и регрессионных зависимостей представлены результаты изучения термогазодинамического совершенства 20-ти высокоэффективных гражданских ТРДД и их модификаций, в основном зарубежных производителей, а также результаты анализа экологических характеристик их КС. Это такие двигатели как CF6-80, GE90-115B, GP7200, GEnx, PW4084 и 6122, «Trent» 556, 892 и 1000, CFM56, BR715 и другие.

Для определения неизвестных параметров и КПД узлов изучаемых 20-ти двига-