

- 5 Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. - М.: Атомиздат, 1962.
- 6 Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высшая школа, 1980. - 400с.

УДК 621.438

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КАМЕРЕ СГОРАНИЯ)

Полянцев Е.И.

ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск

За последние 20 лет в России кардинально изменился подход к созданию новой техники, в том числе и к газотурбинной. Это связано не с активным использованием мощностей компьютерной техники, оптимизацией конструкции, а, главным образом, с изменением целей. Так, в 80-е годы в СССР целью любого авиадвигательного предприятия было создание газотурбинного двигателя (ГТД), значит ГТД был инструментом решения технических задач. Сегодня целью функционирования любой организации стало получение прибыли, т.е. ГТД стал инструментом решения экономических задач. А каждая фирма работающая в такой наукоемкой области как двигателестроение по сути реализует инновационную экономическую политику.

В Европе и США эти процессы начались раньше. Так, всем привычная аббревиатура CALS из Continuous Acquisition and Life-cycle Support (непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия) превратилась в Commerce At Light Speed (бизнес в высоком темпе или высокоэффективный бизнес). Программы ИНРТЕТ (Integrated High Performance Turbine Engine Technology - национальная программы США по созданию высокотехнического и высокотехнологичного ГТД) и UEET (Ultra Efficient Engine Technology – программа по созданию ультраэффективного двигателя) плавно переросла в программу VAATE (Versatile Affordable Advanced Turbine Engine – универсальная программа создания перспективных ГТД).

Основной целью программы VAATE является разработка технологий, обеспечивающих создание доступного, перспективного, универсального ГТД. Для численного представления используется коэффициент доступности $K_{\text{дос}}$, который представляет собой отношение технических возможностей ГТД к его стоимости, измеренной в относительных единицах. Технические возможности ГТД характеризуются отношением $R/(M_{\text{дв}} \cdot C_{\text{уд кр}})$, а относительная стоимость - $(1 - \overline{C_{\text{влад}}})$, где $\overline{C_{\text{влад}}}$ - относительная стоимость владения. Значит:

$$K_{\text{дос}} = \frac{R / M_{\text{дв}}}{C_{\text{уд кр}} (1 - \overline{C_{\text{влад}}})}, \quad (1)$$

где R - тяга двигателя;

$M_{\text{дв}}$ - масса двигателя;

$C_{\text{уд кр}}$ - удельный расход топлива на крейсерском режиме.

Изменением составляющих коэффициента технических возможностей занимались программы INPTET и UEET. Достигнутые результаты: 60% прирост $R/M_{\text{дв}}$, (или 20% снижение $C_{\text{уд кр}}$).

На сегодняшний день каждый процент прироста параметров $R_{\text{уд}}$, $1/M_{\text{дв}}$, $1/C_{\text{уд кр}}$ обходится все дороже и дороже. Это объясняется тем, что достигнутые параметры соответствуют существующему уровню развития методов расчета, конструкции, технологии.

Рассмотрим предпринимаемые попытки дальнейшего снижения $C_{\text{уд кр}}$. Как известно из теории двигателей снизить удельный расход топлива можно при увеличении степени двухконтурности или увеличении температуры газа перед турбиной.

Концепция увеличения степени двухконтурности: Этим и хотели воспользоваться фирмы Pratt Whitney (концепция ADP), General Electric (концепция UDF: двигатель GE-36, GE-90), MTU (концепция CRISP), Rolls Royce (концепция ContraFan, SuperFan), НК (НК-93), Allison (DX-578). Но из всех представленных концепций (и двигателей) сегодня эксплуатируется только семейство двигателей GE-90.

Концепция увеличения температуры газа перед турбиной: В данном случае мы должны решить две протеворечивые задачи: обеспечить ресурс (при минимальном расходе охлаждающего газа) и уложиться в

экологические требования. Данная задача решается каждой фирмой по своему, но общие тенденции таковы: отход от традиционной схемы горения (в пользу богато-бедного или бедного горения), применение многогорелочных камер сгорания.

Применение каждого из технических решений отразится и на стоимости владения, которая равна:

$$C_{\text{влад}} = C_{\text{раз}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{то}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{раз}}$ - стоимость разработки
 $C_{\text{пр}}$ - стоимость производства
 $C_{\text{то}}$ - стоимость техобслуживания.

Рассмотрим за счет чего возможно сокращение стоимости:

Стоимость разработки сокращается благодаря сквозному использованию компьютерных методов расчета, проектирования, конструирования, испытания и доводки (электронное макетирование). Все эти процессы должны происходить в едином информационном пространстве с применением безбумажного документооборота.

Стоимость техобслуживания можно сократить только благодаря применению новой техники, т.е. снизить стоимость техобслуживания двигателей, созданных путем модернизации уже существующих двигателей затруднительно. Для камеры сгорания стоимость техобслуживания можно снизить заложив при проектировании возможность съема топливных форсунок, свечей зажигания без полного разбора двигателя. Также необходимо предусмотреть возможность осмотров бароскопом.

Следовательно облик двигателя определяется исходя из соображений экономической целесообразности применения двигателя с точки зрения стоимости всего жизненного цикла для ГТД гражданского назначения и с точки зрения общей доступности для ГТД военного назначения.

Для того, чтобы приступить к формированию двигателя нового поколения необходимо решить главный вопрос: создавать двигатель путем глубокой модернизации ранее разработанных двигателей или приступить к созданию двигателя «с чистого листа». И тот, и другой подход имеют свои преимущества и недостатки. Рассматривать которые необходимо в комплексе.

Для получения высокого дисконтируемого дохода требуется изделие (ГТД), востребованное рынком. Причем это изделие должно быть выпущено на рынок раньше, чем у конкурентов, но с определенными, диктуемыми рынком, характеристиками. Закладка характеристик будущего изделия – многокритериальная задача оптимизации. Но, для пути развития: «модернизация существующего двигателя» на эту задачу накладываются условия: по минимизации изменений в «горячей части», по созданию на базе модифицированной модели серии двигателей для различного применения.

От того, на сколько правильно будут выбраны параметры двигателя будет непосредственно зависеть прибыль всего инновационного проекта.

После выставления общих требований ко всему изделию – газотурбинному двигателю необходимо перенести эти требования на узлы, наложив дополнительные (специфические) ограничения.

Далее подробно разбираются концепции развития камер сгорания, их достоинства и недостатки. Рассматриваются всевозможные схемы камер сгорания, процессов и их возможные комбинации. Потом накладываются требования к камере сгорания, их взаимосвязь с целями и средствами достижения. На рисунке 1 показана одна из схем взаимосвязей целей проектирования с параметрами будущей камеры сгорания.

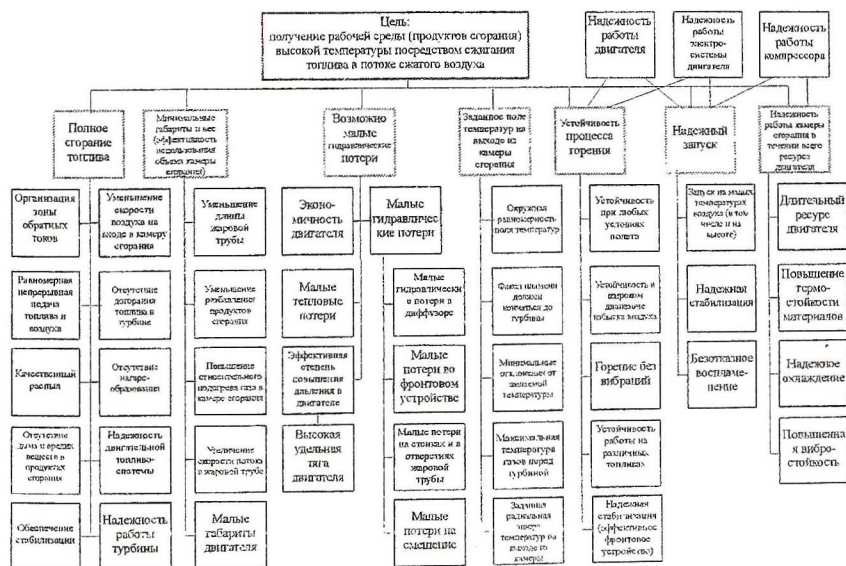


Рис. 1. Взаимосвязь целей проектирования с параметрами камеры сгорания

Для сокращения дорогостоящих физических экспериментов необходимо заменять их математическими. В этом случае работы над камерой сгорания представляют собой итерационный процесс уточнения конструкции камеры отдельных элементов камеры сгорания после проведения физических, математических экспериментов, уточнений конструкторов и технологов. Все эти действия должны, в конечном итоге, привести к созданию узла – камеры сгорания – с характеристиками, удовлетворяющими как двигателестроителей (самолетостроителей), так и эксплуатантов.

УДК 621.438

РАЗВИТИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ДОВОДКИ КАМЕР СГОРАНИЯ

Полянцев Е.И., Рогалев С.В.

ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск

На сегодняшний день методика расчета камер сгорания не достигли уровня, при котором они могли бы заменить натурные эксперименты со степенью верификации 95-97%. В тоже время, численные методы расчета позволяют оценивать структуру течения в жаровой трубе, поведение закрученных струй и тому подобное. Такие задачи на сегодняшний день успешно решаются на НПО «Сатурн». Главным недостатком при решении такой задачи является длительное время расчета. Так на двухпроцессорных серверах гидравлический расчет в кольцевой жаровой трубе длится 1...1,5 месяца. Для решения проектных задач, на которые отведено несколько месяцев это не допустимо, так как необходимо рассмотреть десятки вариантов конструкции. Это вынуждает прибегать к физическим экспериментам.

За прошедшие двадцать лет требования к газовому оборудованию (такому как: гидрлоток, стенд для доработки форсунок, стенд для доводки температурного поля) существенно изменились. Например, для стенда 80 годов характерны следующие недостатки: высокая степень влияния погрешности оператора стенда на полученные результаты (субъективность). Дискретность измеряемых величин связана с отсут-