

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО КОНВЕРТИРОВАНИЮ АВИАЦИОННЫХ ГТД

М.Ю. Воробьев, Д.Ю. Иванов

Самарский государственный аэрокосмический университет

им. академика С.П.Королева, Самара, Россия

До перехода Российской экономики к рыночным отношениям актуальность конвертирования авиационных газотурбинных двигателей была обоснована массовостью выпуска двигателей для авиации. Специалисты в области разработки газотурбинных двигателей понимали, что после выработки летного ресурса у авиационных газотурбинных двигателей ещё остается технический потенциал, но в силу обеспечения безопасности полетов продолжать их эксплуатацию на летательных аппаратах недопустимо, и в целях повышения эффективности их использования, они находили свое применение в составе различных наземных установок. В современной сложной экономической обстановке, сложившейся на предприятиях моторостроительного комплекса, актуальность конвертирования вызвана необходимостью покрыть потребность в двигателях различных отраслей народного хозяйства. Производственные мощности моторостроительных предприятий простаивают, а для производства газотурбинных двигателей наземного назначения требуется их обновление, что указывает на экономическую целесообразность конвертирования отработавших свой летный ресурс авиационных газотурбинных двигателей для их использования в наземных условиях.

Процессы адаптации авиационного (самолётного, вертолётного) газотурбинного двигателя к наземным условиям эксплуатации называют конвертированием, а двигатель, получаемый в результате действия этих процессов – конвертированным. При конвертировании проводят расчет параметров двигателя при новых рабочих условиях (температура и давление воздуха на входе в двигатель), соответствующих уровню поверхности земли, вносят изменения в топливную систему (вместо керосина в качестве топлива применяют природный газ или другие альтернативные источники энергии). Кроме того, проектируют дополнительный элемент конструкции – свободную (силовую) турбину, если базовый двигатель не имел такого

конструктивного элемента.

Под базовым двигателем в данной работе понимается авиационный газотурбинный двигатель подвергаемый процессам конвертирования.

В результате конвертирования удается сохранить до 70-80% элементов конструкции авиационного газотурбинного двигателя. Подробно о технических проблемах процесса конвертирования и его преимуществах описано в работе [2].

В связи с этим возникает необходимость экономического обоснования разработки новых элементов конструкции для базового двигателя при его конвертировании и оценки эффективности проводимых доработок. Необходим критерий, позволяющий оценивать объем работ по изменению конструкции базового двигателя, показывающий удельный вес затрат на доработку конкретного элемента конструкции в общей структуре себестоимости проводимых мероприятий, указывающий на полезность той или иной доработки.

Основываясь на материалах исследований [2] и раскрытии понятия процесса конвертирования, можно сделать вывод о том, что в случае использования того или иного авиационного газотурбинного двигателя (АГТД) в качестве базового возможно создавать наземные установки лишь с такими характеристиками, какие способны обеспечить конкретно выбранные АГТД. При выборе базового двигателя для конвертирования конструкция и характеристики каждого будут определяться типом самолета или вертолета, для которого он предназначался, что отразится на характеристиках наземной установки. Следовательно, выбор типа АГТД в качестве базового для применения его в той или иной установке наземного назначения должен определяться технико-экономическими показателями, предъявляемыми к конкретной установке.

Для решения этой задачи можно предложить критерий относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных двигателей [1]:

$$K_{\text{АГТД}} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \cdot Z_i}{\beta_i \cdot X_i} \rightarrow \min, \\ X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, 1 \leq i \leq n, \\ \alpha_i \in [1; 10], \beta_i \in (0; 1); \end{cases}$$

где $K_{АГТД}$ – критерий относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных двигателей, руб.;

X_i – конкретная техническая характеристика из множества требуемых для обеспечения характеристик X , МВт, мг/м³, кг/ч, ч и т.д.;

α_i – коэффициент, учитывающий удорожание мероприятий по обеспечению требуемой количественной меры i -ой технической характеристики;

β_i – коэффициент, учитывающий степень соответствия количественной меры i -ой технической характеристики базового двигателя требованиям к ее количественной мере после проведения мероприятий по конвертированию, 1/МВт, м³/мг, ч/кг, 1/ч и т.д.;

Z_i – затраты на реализацию i -ой характеристики, руб.;

n – количество характеристик.

Коэффициенты α_i и β_i назначаются в результате экспертной оценки комиссией по проведению мероприятий конвертирования. Их численное значение задается на этапе разработки технического задания. Соответственно, в состав экспертной комиссии должны входить представители заказчика, представители разработчика двигателя и представители серийного завода, непосредственно реализующие мероприятия по конвертированию.

Следует отметить, что введение в рассмотрение коэффициента β_i необходимо для нормирования соответствующей технической характеристики.

Номинальное значение затрат Z_i принимается равным величине затрат на восстановление количественной меры i -ой технической характеристики при проведении капитального ремонта базового двигателя.

Применение метода экспертных оценок включает в себя три составляющие [3, 4].

1 Интуитивно-логический анализ задачи. Строится на логическом мышлении и интуиции экспертов, основан на их знании и опыте. Этим объясняется высокий уровень требований, предъявляемых к экспертам.

2 Решение и выдача количественных или качественных оценок. Эта процедура представляет собой завершающую часть работы эксперта. Им формируется решение по рассматриваемой проблеме и дается оценка

ожидаемых результатов.

3 Обработка результатов решения. Полученные от экспертов оценки должны быть обработаны с целью получения итоговой оценки проблемы. В зависимости от поставленной задачи изменяется количество выполняемых на этом этапе расчетных и логических процедур. Для обеспечения оперативности и минимизации ошибок на данном этапе целесообразно использование вычислительной техники.

Применение данного метода для решения задач выбора оптимального варианта конвертирования авиационных двигателей в условиях недостаточно полной и недостоверной информации дает вполне приемлемые результаты.

Рассмотрим применение разработанного критерия на примере. Допустим, что предполагается выбрать базовый двигатель (из нескольких гипотетических модификаций) для его конвертирования и сделать заключение о целесообразности доведения количественной меры технических характеристик базового двигателя до требований технического задания. В таблице 1 приведены значения технических характеристик базового двигателя и требуемое их значение для конвертируемого двигателя [1].

Таблица 1 – Технические характеристики двигателей

Характеристика, X_i	Базовый		Конвертируемый
	Двигатель	Двигатель	
	1	2	
Назначенный ресурс, тыс. ч	—*	19	100
Тяга (для базового), кН, мощность (для конвертируемого), МВт	190	180	16
Коэффициент полезного действия (КПД), %	32	29	36
Вид топлива	Керосин	Керосин	Природный газ
Содержание вредных веществ в выбросах мг/м ³ (приведенное к 15% O ₂):			
• NO _x	170	173	150
• CO	320	310	300

Примечание: * – двигатель эксплуатируется по техническому состоянию в пределах назначенных ресурсов основных деталей.

На основании данных таблицы 1 экспертная комиссия назначает соответствующие коэффициенты α_i и β_i и заполняет форму в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты экспертной оценки

Характеристика, X_i	α_i		β_i	
	Двигатель 1	Двигатель 2	Двигатель 1	Двигатель 2
Назначенный ресурс, тыс. 1/ч*	4-5,26	5,26	0,19-0,25	0,19
Тяга (для базового), кН, мощность (для конвертируемого), 1/МВт*	1	1	1	1
Коэффициент полезного действия (КПД), 1/% *	1,13	1,24	0,89	0,81
Вид топлива	В критерии $K_{АГТД}$ учитываются только затраты на доработку топливной системы для обеспечения ее работы на газообразном топливе			
Содержание вредных веществ в выбросах м ³ /мг* (приведенное к 15% O ₂):				
• NO _x	1,15	1,18	0,87	0,85
• CO	1,07	1,03	0,93	0,97

Примечание: * - размерность относится к коэффициенту β_i

При заполнении таблицы 2 в данной работе было принято следующее допущение – коэффициенты α_i определялись как отношение $1/\beta_i$, то есть удорожание мероприятий по обеспечению требуемой количественной меры i -ой технической характеристики обратно пропорционально степени соответствия количественной меры i -ой технической характеристики базового двигателя требованиям к ее количественной мере после

конвертирования. Как оговаривалось выше, на практике коэффициенты α_i назначаются экспертной комиссией исходя из опыта и статистических данных о проведении подобных мероприятий и могут существенно отличаться от приведенных в рассматриваемом примере.

Для примера определения коэффициента $K_{АГТД}$ сделаем еще одно допущение – примем, что номинальные затраты на обеспечение i -ой технической характеристики одинаковы для любой X_i и составляют по 350 тыс.руб. соответственно. Тогда получим:
 $K_{АГТД}^1 = 0,445 \text{ млн. руб.}; K_{АГТД}^2 = 0,488 \text{ млн. руб.}$

Таким образом, из результатов расчета критерия видно, что целесообразно в качестве базового выбрать двигатель 1. Далее, основываясь на данных таблицы 2, экспертная комиссия принимает решение о целесообразности доведения всех перечисленных в ней характеристик до требуемой величины и начинается этап непосредственной реализации процесса конвертирования.

Применение метода экспертных оценок для экономического обоснования мероприятий по конвертированию авиационных двигателей позволяет на начальном этапе оценки проводить как выбор базового двигателя из множества авиационных для его конвертирования, так и определять целесообразность обеспечения той или иной характеристики в процессе конвертирования конкретного базового двигателя.

Список литературы:

1. Воробьев М.Ю. Разработка критерия относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных газотурбинных двигателей [текст] // ГЛОБЭКСИ [Электронный ресурс]: Интернет-журнал АТиСО / Академия труда и социальных отношений – Электрон. журн. – М.: АТиСО, 2010– . – № гос. Регистрации 0420900077. – Режим доступа: <http://www.globecsi.ru/Articles/2010/Vorobyov.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
2. Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения/ Е.А. Гриценко, В.П. Данильченко, С.В. Лукачѳв и др. Производственно-техническое издание/СНЦ РАН, Самара, 2004, 266 с.
3. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. - М.: Издательство "Март", 2004.