

УДК 621.45.02.024:05.054

В.В. ЛОГИНОВ, Е.Ю. ИЛЕНКО*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина*

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ ОБЛИКУ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

В статье рассмотрен подход к оценке технического совершенства разрабатываемого двигателя силовой установки ЛА, основанный на применении метода весовых коэффициентов. Сравнение всех параметров, показателей и характеристик проводится на основе использования показателя технического совершенства, который характеризует разрабатываемый образец по отношению к существующим аналогам. Показано существенное преимущество двигателя Д-27 перед другими двигателями по многим характеристикам, а также вклады параметров в показатель технического совершенства. Определены пути дальнейших исследований.

Ключевые слова: силовая установка, интеграция, весовой коэффициент, показатель технического совершенства, метод сравнения.

Введение

Одним из перспективных военно-транспортных самолетов Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины является самолет Ан-70Т (рис. 1), который имеет силовую установку (СУ) с турбовинтовым двигателем (ТВВД) Д-27 (рис. 2). Однако самолет до сих пор проходит испытания, а СУ нуждается в постоянных доработках, как в конструктивном отношении, так и в эксплуатационном.



Рис. 1. Военно-транспортный самолет Ан-70

До сих пор обсуждается вопрос относительно доводки двигателя Д-27 до необходимого технического совершенства. Помимо идеи применения ТВВД на самолете Ан-70, существуют альтернативные варианты – установка на Ан-70 турбовинтовых двигателей (ТВД) SNECMA M-138 или Rolls-Royce RB-715TP по 9500 л.с. (Ан-7Х), или турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) CFM-56-5A1 (Ан-77). Однако установка альтернативных

двигателей приводит к резкому снижению характеристик самолета в целом. Этап совместных государственных испытаний самолета Ан-70 должен окончательно решить вопрос относительно его рекомендаций по утверждению принятия на вооружение и серийного производства.



Рис. 2. Силовая установка с двигателем Д-27

Тем не менее, специалисты западноевропейских стран провели анализ состояния разработки перспективных военно-транспортных самолетов в США, России и Украине с целью определения возможности и целесообразности их закупки для своих Военно-Воздушных Сил. Для выбора оптимальных решений по приобретению новых машин были рассмотрены варианты американского С-17А и российско-украинского Ан-7Х (экспортный вариант Ан-70), которые значительно превосходили самолет А-400М по ряду тактико-технических показателей, в

частности, по критерию “полезная нагрузка–дальность полета”. Однако их закупка для Военно-Воздушных Сил западноевропейских стран была признана нежелательной. Было принято решение продолжить разработку собственного военнотранспортного самолета А-400М (рис. 3). Практическая реализация проекта создания А-400М началась в 2001 году. По расчетам разработчиков, А-400М будет иметь высокую боевую эффективность и улучшенные эксплуатационные характеристики по сравнению с существующими военнотранспортными самолетами тактического назначения. Благодаря своим взлетно-посадочным характеристикам и усовершенствованной конструкции шасси, он сможет выполнять взлет (посадку) с неподготовленных грунтовых площадок длиной до 900 м, а также осуществлять маневры с малым радиусом разворота.



Рис. 3. Самолет А-400М

На транспортный самолет А-400М предполагается установить 4 двигателя компании Europrop International TP400-D6 (рис. 4). Этот двигатель является самым мощным ТВД (11000 л.с.), который создан странами Запада.

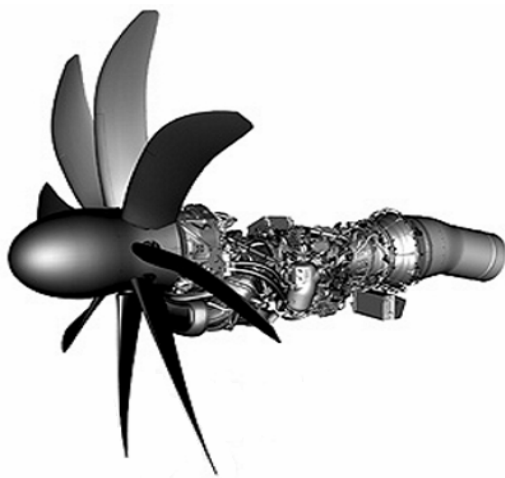


Рис. 4. Двигатель TP400-D6 компании-разработчика EuroProp

В настоящее время самым мощным ТВД в мире является двигатель НК-12МП (15000 л.с.), который устанавливался на самолеты Ту-95МС и Ту-142М. Выбор двигателя силовой установки является актуальной задачей, поскольку его характеристики обеспечивают выполнение тактико-технических требований транспортного ЛА. Поэтому оценка степени технического совершенства силовой установки ЛА приобретает особое значение при определении перспектив развития транспортных самолетов в целом.

1. Постановка задачи

Рассмотрим подход к определению степени технического совершенства СУ с ТВВД. Основная задача – оценка перспектив развития образца, который является объектом для разработки или модернизации. Для оценки уровня технического совершенства СУ на основе приведенного метода, использовались разные типы и поколения двигателей, которые устанавливаются на транспортные ЛА. Для сравнения СУ с ТВВД выбрано 3 двигателя разного поколения. Однако СУ подходят для сравнения по классу мощности. Для каждого типа двигателя выбирался перечень параметров и характеристик из набора [1], который установлен экспертным методом.

2. Основная часть исследований

Для оценки технического совершенства силовой установки воспользуемся методом весовых коэффициентов. Сравнение всех показателей и характеристик проводится на основе использования показателя технического совершенства $R_{тс}$ [2], который характеризует разрабатываемый образец по отношению к существующим аналогам (отечественным или зарубежным)

$$R_{тс} = \frac{R_{дi} \varphi(i)}{\sum_{i=1}^n \varphi(i)}, \quad (1)$$

где $R_{тс}$ – показатель технического совершенства; $\varphi(i)$ – функция, нормирующая вес i -го относительного показателя, который входит в ранжированную последовательность; n – общее число показателей;

$R_{дi} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_i^{раз}}$ – относительное значение i -го показателя количественной составляющей, значимость которого определяется местом, занимаемым в ранжированной последовательности.

Эти показатели применяются в двух модификациях: если повышению технического уровня соответствует увеличение данного i -го показателя;

$$R_{\mathcal{D}_i} = \frac{P_i}{P_i^{\text{raz}}}, \quad (2)$$

Если повышению технического совершенства соответствует уменьшение данного показателя, например, уменьшение удельного расхода топлива, то относительное значение i -го показателя определяется по формуле

$$R_{\mathcal{A}_i} = \frac{p_i^{\text{raz}}}{p_i}. \quad (3)$$

На первом этапе определен перечень показателей и характеристик, используемых для сравнительного анализа оцениваемого объекта. Перечень составляется одинаковым для всех аналогов и сравниваемых объектов.

На втором этапе определены значения весо-
мости каждого показателя и характеристики с помо-
щью экспертного метода [3]. Определена величина
среднего квадратичного отклонения оценок экспер-
тов, коэффициент конкордации.

Далее определены относительные значения показателей. Для каждого i -го показателя ранжированной последовательности определяется значение R_{di} (табл. 1). В итоге определен показатель технического совершенства разрабатываемого объекта, который равен $R_{tc} = 1,321$. Поскольку $R_{tc} > 1$, то можно сделать вывод, что по основным показателям и характеристикам сравниваемый объект превосходит аналоги и с позиции краткосрочного прогнозирования перспективен.

Изложенный порядок определения критерия $R_{тс}$ является прямым. В отличие от прямого, возможен и обратный порядок, когда разработчик еще до составления тактико-технического задания определяет предварительным исследованием примерные значения критерия $R_{тс}$ и последующее проектирование производится с учетом этого критерия.

Определение технического совершенства проекта

	Параметр или характеристика	Д-27	ТР400-Д6	НК-12МВ	Определение технического совершенства				
					Проект	Аналоги	R _{дi}	φ(i)	R _{дi} · φ(i)
1	N _е крейс , л.с.	6750	5350	6500	6750	6583	1,0253	0,9045	0,9274
2	C _е крейс , кг/(л.с·ч)	0,13	0,133	0,161	0,128	0,1497	1,1693	0,8773	1,0258
3	π _{кΣ} *	22,9	19	9,7	22,9	14,033	1,6318	0,6909	1,1274
4	T _г *, К	1640	1700	1250	1640	1346,67	1,2178	0,6864	0,8359
5	G _в , кг/с	27,4	23	55,8	27,4	46,33	0,5914	0,5818	0,3441
6	γ _{дв} , кг/л.с.	0,1179	0,1436	0,2043	0,1175	0,173	1,4671	0,8955	1,3137
7	T _{назн} , час	18000	20000	5000	18000	7767	2,3176	0,6682	1,5486
8	Выбросы NO _x , г/л.с.	40	35	58	38	51,0	1,2750	0,8545	1,0895
9	Уровень шума при наборе высоты, EPNдБ	70	67	90	70	83,33	1,1905	0,5864	0,6981
Суммарное значение								6,7455	8,9105

Критерий технического совершенства применим также при выборе одного из нескольких альтернативных вариантов объекта, предложенного к разработке. Затем следует применить процедуру определения величины $R_{тс}$ для каждого варианта объекта и сравнить результаты. Значения показателей рекомендуется определять относительно рациональных значений (выбранного аналога) либо одного из нескольких сравниваемых объектов.

Из результатов исследования видно, что этап определения перечня основных показателей и весовостей каждого из них является исключительно важным, так как на их основе принимается окончательное решение. Поэтому необходимо его проводить на основе максимально возможного объема информации при полном понимании решаемой задачи.

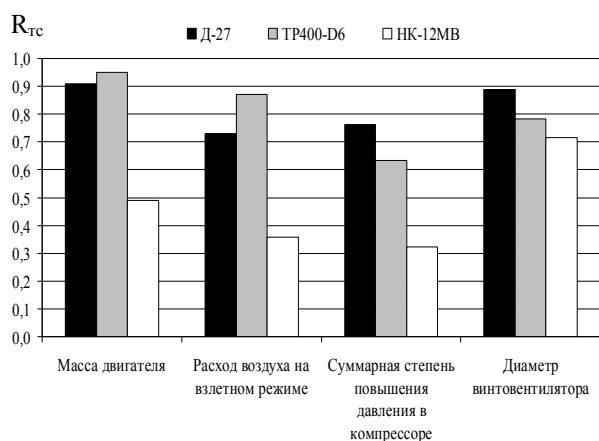
Таким образом, рассмотренный подход к оценке технического совершенства разрабатываемого

объекта, основанный на сопоставлении показателей сравниваемого объекта с показателями аналога и с учетом их весовых коэффициентов, позволяет:

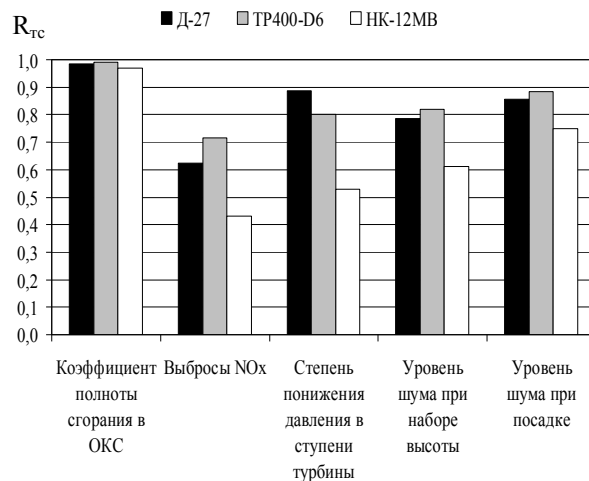
- проводить анализ влияния каждого отдельно- го показателя или их совокупности на техническое совершенство образца;
- оценить техническое совершенство нескольких альтернативных вариантов СУ, предложенных к разработке, и выбирать из них наилучший;
- определять соответствие разрабатываемого объекта лучшему аналогу мирового уровня на различных этапах его разработки от составления ТТЗ до испытаний и серийного производства.

Оценка вкладов каждого параметра в показатель технического совершенства приведена на рис. 5.

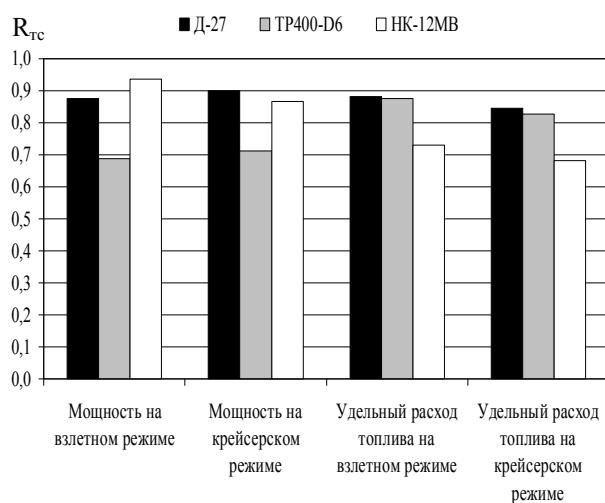
Сравнение показателей технического совершенства показано на рис. 6.



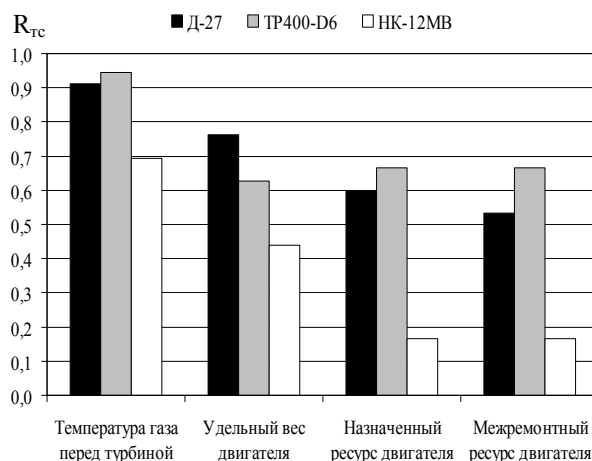
а



б



в



г

Рис. 5. Вклад параметров в показатель технического совершенства

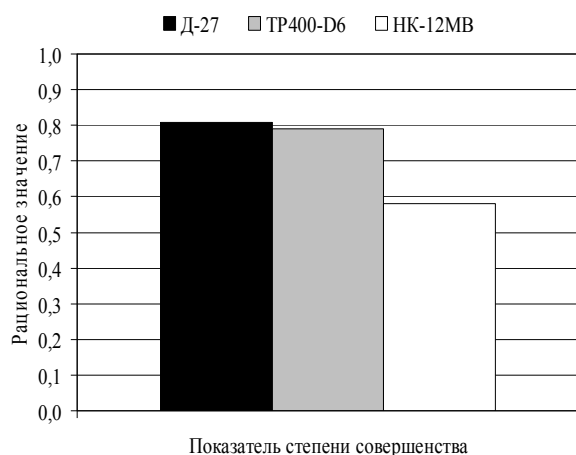


Рис. 6. Оценка показателя степени совершенства

Выводы по исследованию

Таким образом, СУ с ТВВД Д-27 имеет существенное преимущество перед другими двигателями по многим показателям, что и отражает разработанный метод. Это преимущество заключается в том, что двигатель Д-27 имеет лучшие характеристики винтовентилятора, а также высокие параметры термодинамического цикла.

Перспективы дальнейших исследований

Однако при размещении двигателя на планере ЛА необходимо проводить комплексную оценку характеристик силовой установки в системе самолета. При оценке подъемной силы системы «винт+мотогондола+крыло» необходимо учитывать влияние геометрии мотогондолы и параметров струи газа, которая вытекает из сопла двигателя. Исследование взлетно-посадочных характеристик современных самолетов с ТВД и ТВВД, которые имеют большую тяговооруженность, предполагает обязательный учет дополнительных аэродинамических сил, обусловленных взаимодействием крыла, струи от винтов и газового потока из сопла двигателя. Величины этих сил зависят от тяги винтов, скорости полета, геометрии системы «винт+крыло» и могут составлять значительную часть общей подъемной силы. При выборе схемы самолетов с энергетическими системами увеличения подъемной силы необходимо учитывать влияние большого числа

параметров системы на аэродинамические характеристики крыла: коэффициента импульса струи, обусловленного как отношения импульса струи к скоростному напору набегающего потока и характерной площади крыла, углов отклонения струи и закрылков, длины и положения закрылков по размаху крыла.

Параметрические экспериментальные исследования энергетических систем связаны со значительными трудностями при исследовании в аэродинамических трубах. Это вызывает необходимость разработки надежных методов оценки аэродинамических характеристик крыльев разной формы в плане с энергетическими системами.

Существующие подходы по исследованию аэродинамических характеристик системы «винт+мотогондола+крыло» не учитывают наличия горячей струи из выходного устройства двигателя. Анализ газодинамической картины течения с подводом тепла вблизи внешней поверхности ЛА показывает, что наличие струи с высокой температурой существенно образом изменяет параметрическую картину течения [4]. Поэтому в процессе дальнейших исследований возникает необходимость детального рассмотрения особенностей размещения СУ с двигателем на элементах планера транспортного самолета.

Литература

1. Анипко О.Б. К вопросу о рациональном диапазоне параметров авиационной силовой установки / О.Б. Анипко, В.В. Логинов, В.В. Зубарев // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2007. – № 1 (48). – С. 34-41.
2. Анипко О.Б. Оценка технического совершенства и рыночной привлекательности объекта авиационной техники по степени рациональности / О.Б. Анипко, В.В. Логинов // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ», 2006. – № 2. – С. 140-147.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
4. Анипко О.Б. Анализ рабочего процесса в области среза выходного устройства двигателя, расположенного под крылом самолета / О.Б. Анипко, В.В. Логинов // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ», 2008. – № 2. – С. 37-50.

Поступила в редакцию 12.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., начальник кафедры С.А. Калкаманов, Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, Украина.

ФОРМУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИМОГ ДО ПАРАМЕТРИЧНОГО ОБРИСУ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА

В.В. Логінов, Є.Ю. Іленко

В статті розглянуто підхід до оцінки технічної досконалості двигуна силової установки ЛА, що розробляється, заснований на застосуванні методу вагових коефіцієнтів. Порівняння всіх показників і характеристик проводиться на основі використання показника технічної досконалості, який характеризує зразок, що розробляється, відносно існуючих аналогів. Показана істотна перевага двигуна Д-27 перед іншими двигунами по багатьом характеристикам, а також внески параметрів в показник технічної досконалості. Визначені шляхи подальших досліджень.

Ключові слова: силова установка, інтеграція, коефіцієнт вагомості, показник технічної досконалості, метод порівняння.

FORMING OF PERSPECTIVE REQUIREMENTS TO THE PARAMETRIC LOOK OF POWER-PLANT OF CARGO AIRPLANE

V.V. Loginov, E.Y. Ilenko

In the article the approach to estimation of technical perfection of the developed engine of the vehicle power-plant is considered, based on application of method of gravimetric coefficients. A comparison of all indexes and characteristics is made on the basis of the use of index of technical perfection, which characterizes the developed standard in relation to existent analogues. Substantial advantage of the engine D-27 before other engines by many characteristics is shown, and also contributions of parameters to the index of technical perfection. The ways of further researches are definite.

Key words: power-plant, integration, gravimetric coefficient, index of technical perfection, method of comparison.

Логінов Васильй Васильевич – д-р техн. наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры конструкции и прочности летательных аппаратов и двигателей Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, Украина, e-mail: astravek@mail.ru.

Іленко Евгений Юрьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, Украина, e-mail: yevgeny-ilenko@mail.ru.