

# Теоретичні основи розробки систем озброєння

УДК 629.3

О.Б. Анипко, А.В. Приймак, Ю.И. Миргород, А.Б. Котов

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ДЛЯ ЛЕТАЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*В статье приведена актуальность задачи выявления взаимосвязей и закономерностей между характеристиками самолета и его конструктивными параметрами, приведён новый интегральный показатель для летальных аппаратов транспортного назначения.*

**Ключевые слова:** интегральный показатель, определяющие показатели, оперативность и мощность силовой установки.

### Введение

Синтез самолета предъявляет требования к объединению расчетов геометрических параметров, аэродинамики, характеристик силовой установки, летных данных, величин массы и стоимости в единую методику. Это требует, в свою очередь, изучения взаимосвязей и форм их конкретного проявления для перечисленных показателей. Наличие таких функций и выявление закономерностей приводит к теоретически обоснованным методикам и, в конечном итоге, научному прогнозированию значений показателей. Следует подчеркнуть, что потребность в разработке проектных методов определения весовых и других конструктивных параметров самолета, возникла практически вместе с первыми самолетами. В настоящее время актуальность задачи выявления взаимосвязей и закономерностей между характеристиками самолета и его конструктивными параметрами ещё более возросла, что обусловлено:

- быстрой сменой поколений образцов техники, в том числе – авиационной;
- расширением круга задач и повышением требований к экономичности;
- перераспределением соотношения времени этапов разработки и налаживания производства и эксплуатации в сторону сокращения последнего.

Всё это требует сокращения затрат времени и ресурсов на разработку, одним из путей достижения чего является применение простых укрупненных соотношений на ранних этапах проектирования [1]. Для их вывода могут применяться методы статистики и ретроспективного анализа, при этом число учитываемых параметров сравнительно не велико – 1...4, однако по своей значимости – это, как правило, определяющие показатели, такие как суммарные значения взлетной массы, планера, мощности силовой уста-

новки и другие. При этом следует учитывать тот факт, что появление самолетов отличающихся по своим свойствам от самолетов предыдущих поколений приводит к определенным изменениям в зависимостях, связывающих их параметры и функции [2].

### Основной раздел

Одним из распространенных классов ЛА являются пассажирские и транспортные. С учетом их функционального назначения было признано целесообразным разработать интегральный показатель, который бы связывал весовые показатели, оперативность и мощность силовой установки.

Весовые показатели. Для их оценки использовано уравнение существования [1] в виде

$$M_{\text{ЛА}} + M_{\text{ГР}} = M_{\text{ВТС}}, \quad (1)$$

которое после приведения к безразмерному виду

$$\frac{M_{\text{ЛА}}}{M_{\text{ВТС}}} + \frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}} = 1, \quad (2)$$

переписали в виде

$$1 - \frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}} = \frac{M_{\text{ЛА}}}{M_{\text{ВТС}}}, \quad (3)$$

где  $M_{\text{ВТС}}$ ,  $M_{\text{ГР}}$  и  $M_{\text{ЛА}}$  – массы военно-транспортной системы типа самолет или вертолет, груза и летательного аппарата без полезной (оплачиваемой) нагрузки.

Таким образом, выражение (3) характеризует долю груза (основное назначение) в массе самолета. Чем больше доля груза, тем больше отношение  $\frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}}$  и меньше численное значение выражения (3).

Оперативность оценивалась с учетом того, что различные транспортные и пассажирские самолеты

имеют различную дальность полета. Поэтому оперативность оценивали величиной отношения

$$\frac{D_{100}}{V_{кр}}, \tag{4}$$

где  $D_{100}=100$  км;  $V_{кр}$  – скорость на крейсерском режиме полета,  $\frac{км}{ч}$ .

Таким образом (4) представляет собой время полета на дальность 100 км с крейсерской скоростью  $V_{кр}$ . Естественно, что чем это время меньше – тем выше оперативность.

Мощность силовой установки брали по справочным данным установленной мощности двигателя с учетом их числа. В результате выражение для интегрального показателя летательных аппаратов транспортного назначения имеет вид

$$NP_{ВТС} = \left(1 - \frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}}\right) \cdot \frac{D_{100}}{V_{кр}} \cdot N_{ДВ}. \tag{5}$$

Анализ выражения (5) показывает, что по своему физическому смыслу оно представляет собой работу по перемещению некоторой массы.

Отсюда становится понятным и критериальное значение (5), заключающееся в том, что чем меньше численное значение  $NP_{ВТС}$ , тем меньшая работа затрачивается на перемещение груза, а значит и транспортная система более предпочтительна.

Для определения числовых значений интегрального показателя  $NP_{ВТС}$  использовался метод ретроспективного анализа.

Самолеты транспортные и пассажирские. В соответствие с параметрами, входящими в выражение (5) из [3] были взяты необходимые данные, которые использованы для получения числовых значений  $NP_{ВТС}$ . Эти данные и результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

ЛА	$M_{ВТС}$ , кг	$V_{кр}$ , $\frac{км}{ч}$	$N_{ДВ}$ , кВт	$M_{ГР}$	$\frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}}$	$\frac{D_{100}}{V_{кр}}$	$NP_{ВТС}$
SE-210 Франция	46 000 (58 000-1971)	785 (870)	5 071 6 450	10 000 17 600	0,217 0,303	0,127 0,115	504,26 516,9
Боинг-707-320	151 320	885	8 452	24 450	0,161	0,113	809,8
Боинг-727-200	76 658	730	6 228	17 885	0,233	0,137	654,4
Боинг-737-200	52 390	852	6 450	15 410	0,294	0,117	532,8
Боинг-747-100	322 050	907	20 885	74 030	0,229	0,110	1 771,2
БАК-1-11-475	41 730	800	5 583	9 650	0,231	0,125	536,6
Дуглас ДС-9-50 (1975)	54 885	841	7 117	15 270	0,278	0,119	611,4

Анализ данных табл. 1 показывает, что, не смотря на конструктивные отличия массовые показатели, показатель оперативности  $\left(\frac{D_{100}}{V_{кр}}\right)$  и  $NP_{ВТС}$  варьируются, но во вполне определенных диапазонах. Так

$$0,161 \leq \frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}} \leq 0,303;$$

$$0,11 \leq \frac{D_{100}}{V_{кр}} \leq 0,244; \quad 516 \leq NP_{ВТС} \leq 1771.$$

Самолеты. Учитывая практический интерес для ранних этапов проектирования транспортного (пассажирского) самолета с использованием данных табл. 1, были построены зависимости

$$NP_{ВТС} = f(M_{ВТС}); \quad NP_{ВТС} = \varphi(N_{ДВ});$$

$$NP_{ВТС} = F1(M_{ГР}) \quad \text{и} \quad NP_{ВТС} = F2\left(\frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}}\right).$$

Графики этих функций представлены на рис. 1, а их выражения следующие:

$$NP_{ВТС} = 443,16e^{M_{ВТС} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}; \tag{6}$$

$$NP_{ВТС} = 356e^{8 \cdot N \cdot 10^{-5}}; \tag{7}$$

$$NP_{ВТС} = 436,23e^{M_{ГР} \cdot 10^{-6}}; \tag{8}$$

$$NP_{ВТС} = 247,2 \left(\frac{M_{ВТС}}{M_{ГР}}\right)^{0,633}. \tag{9}$$

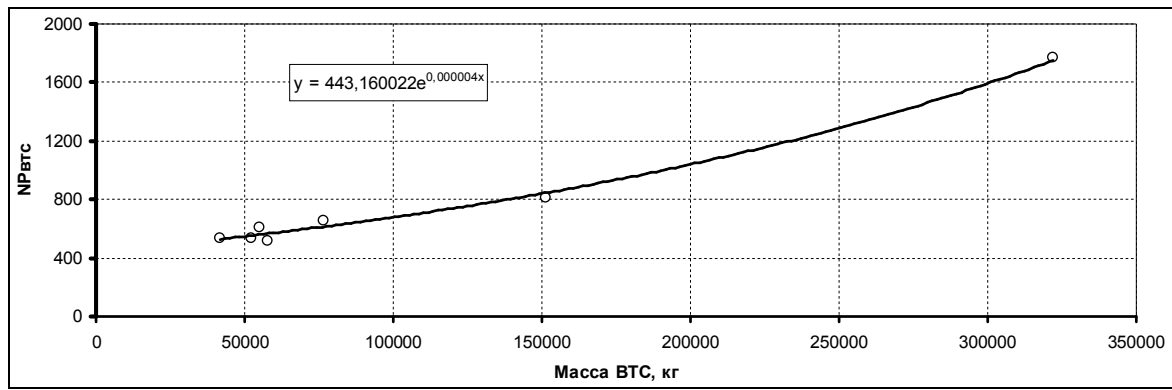
Зависимости (6) – (9) могут использоваться как для сравнения вариантов проработки облика перспективного самолета (прямая задача), так и для определения укрупненных проектных параметров для заданного значения или диапазона  $NP_{ВТС}$ .

Вертолеты. Для вертолетов использовался аналогичный подход и данные [4] Результаты расчета и данные для них приведены в табл. 2.

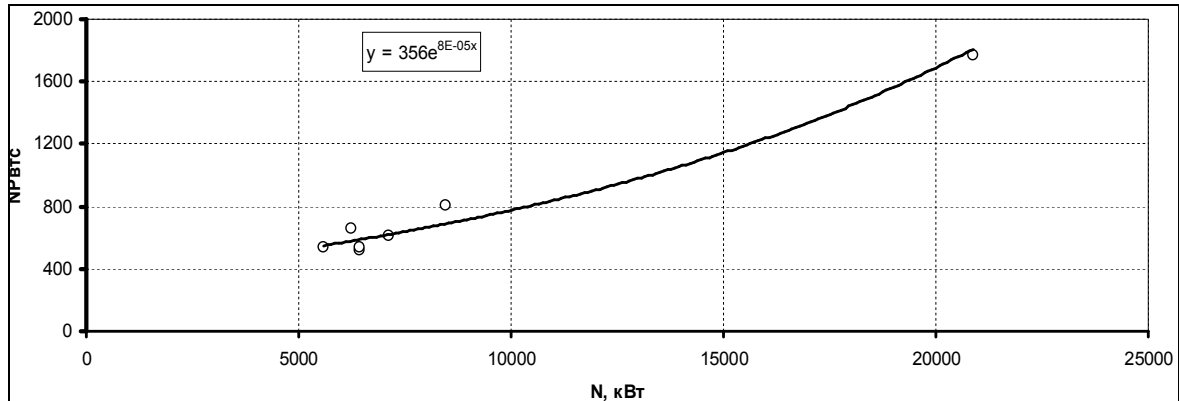
Таблица 2

Вертолеты

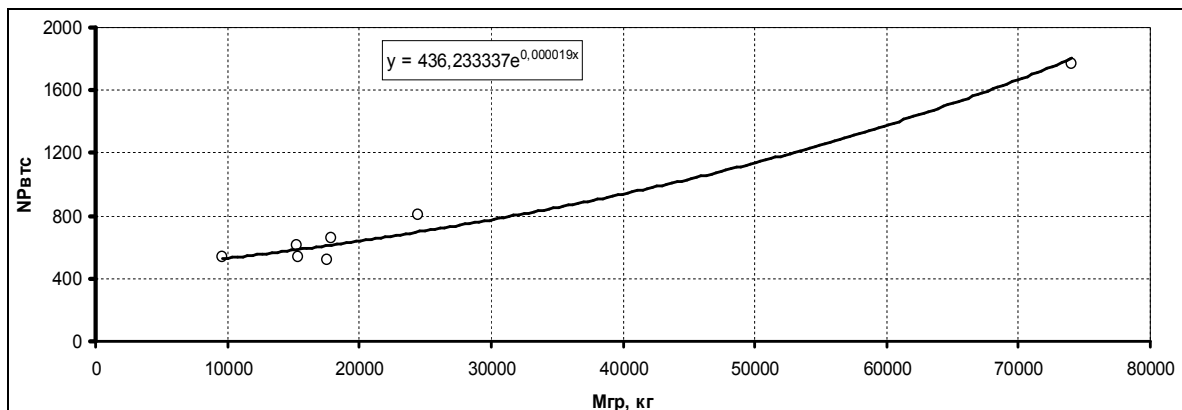
ЛА	$M_{ВТС}$ , кг	$V_{кр}$ , $\frac{км}{ч}$	$N_{ДВ}$ , кВт	$M_{ГР}$	$\frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}}$	$\frac{D_{100}}{V_{кр}}$	$NP_{ВТС}$
Ми-6	39 700	200	8195кВт 11 000л. с.	12 000	0,302	0,5	2 860
Ми-6А	40 500	250	11 000л. с.	12 000	0,296	0,4	2 307
Ми-10	43 700	180	11 000л. с.	15 000	0,343	0,55	2 961
Ми-10К	38 000	228	11 000л. с. (8 500кВт)	11 800	0,310	0,438	2 746
Ми-26Т	49 500	255	16 986 22 800л. с.	20 000	0,404	0,392	3 968
ЕН-10 (Великобритания)	14 600	278	3X1724кВт T= 5 172	3 120	0,213	0,36	1 465
Си Кинг. МК4	9 752	226	2 476	3 629	0,372	0,442	687



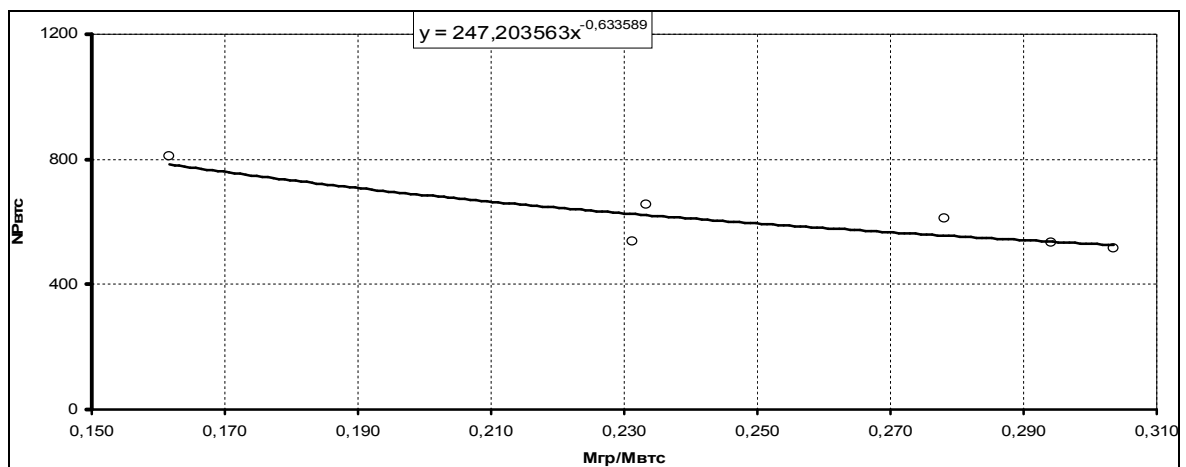
а



б



в



г

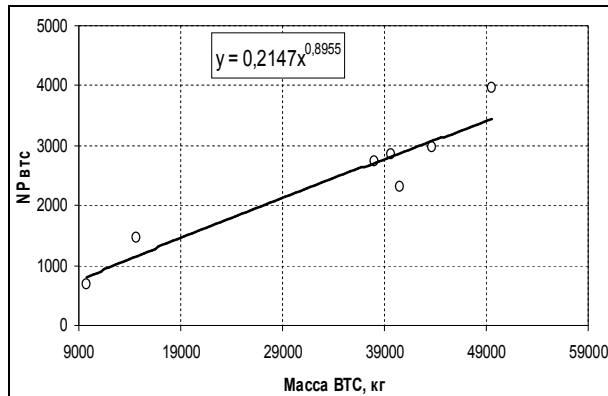
Рис. 1. Зависимости  $NP_{BTC}$  от отдельных характеристик транспортных самолетов

## Графики функций

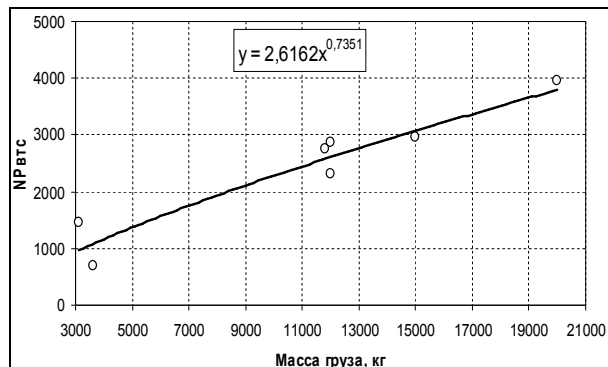
$$NP_{BTC}(M_{BTC}) \text{ и } NP_{BTC}(M_{ГР})$$

для вертолетов приведены на рис. 2, а их выражения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} NP_{BTC} &= 0,2147 \cdot M_{BTC}^{0,8955}; \\ NP_{BTC} &= 2,6162 \cdot M_{ГР}^{0,87351}. \end{aligned} \quad (10)$$



а



б

Рис. 2. Зависимости  $NP_{BTC}(M_{BTC})$ и  $NP_{BTC}(M_{ГР})$  для вертолетов

Следует подчеркнуть, что для вертолетов характерен свой диапазон варьирования показателей.

Так

$$0,213 \leq \frac{M_{ГР}}{M_{BTC}} \leq 0,404;$$

$$0,36 \leq \frac{D_{100}}{V_{КР}} \leq 0,55; \quad 687 \leq NP_{BTC} \leq 3968.$$

## Вывод

В заключении отметим, что достоверность числовых оценок как исходных данных, так и вычисляемых по ним значений  $NP_{BTC}$  определяется точностью статистических показателей источников [3] и [4]. Таким образом, согласно [5] для сводных показателей точность составляет 3 – 5%, а для исходных 10 – 20%, что объясняется взаимопоглощением исходных ошибок в суммарном показателе.

## Список литературы

1. Шейнин В.М. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов; в 2-х т. / В.М. Шейнин, В.И. Козловский. – М.: Машиностроение, 1977. – 234 с.
2. Об использовании относительных критериев оценки совершенства самолетов при создании истребителя 5-го поколения / В.Г. Дмитриев, В.В. Володин, В.Н. Белкин, В.П. Соколов // Полет. – 2007. – № 9. – С. 3-9.
3. Статистические данные зарубежных пассажирских самолетов. (По данным иностранной печати) // Обзор № 601. ЦАГИ им. Жуковского, 1981. – 240 с.
4. Статистические данные зарубежных вертолетов. (По данным иностранной печати). Обзор № 601. ЦАГИ им. Жуковского, 1981. – 240 с.
5. Суслов И.П. Теория статистических показателей. – М.: Изд. «Статистика», 1975. – 250 с.

Поступила в редколлегию 22.06.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. научн. сотр. В.В. Логинов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ИНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.Б. Аніпко, А.В. Приймак, Ю.І. Миргород, О.Б. Котов

У статті приведена актуальність завдання виявлення взаємозв'язків і закономірностей між характеристиками літака і його конструктивними параметрами, приведений новий інтегральний показник для літальних апаратів транспортного призначення.

**Ключові слова:** інтегральний показник, визначальні показники, оперативність і потужність силової установки.

### INTEGRAL INDEX FOR THE LETHAL VEHICLES OF A TRANSPORT SETTING

O.B. Anipko, A.V. Priymak, Yu.I. Mirgorod, A.B. Kotov

In the article actuality of task of exposure of intercommunications and conformities to the law is resulted between descriptions of airplane and his structural parameters, a new integral index is resulted for the lethal vehicles of a transport setting.

**Keywords:** integral index, determining indexes, operativeness and power of power-plant.