

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ РАЗЛИЧНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Пассажирский или грузовой (в общем случае — конвертируемый) самолет в полной мере приобретает значение транспортного средства (т.е. средства материального производства) лишь тогда, когда он удовлетворяет трем основным требованиям: экономичности, регулярности и безопасности. Транспортная эффективность, обеспечивающая в определенной степени выполнение первого из этих требований, может быть охарактеризована различными критериями. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью исследования тенденций развития современной транспортной авиации с точки зрения изменения ее эффективности в условиях обеспечения повышенной надежности, боевой и эксплуатационной живучести, производственной и эксплуатационной технологичности, базирования на малоподготовленных аэродромах, укороченного взлета и посадки и т.п.

Критерий топливной эффективности ($k_{Т.Э}$), получивший широкое применение в 70-е годы прошлого столетия, не претерпел изменения в своем математическом выражении с тех пор, как он был впервые предложен. Этот критерий является интегральным, поскольку топливная эффективность зависит от аэродинамического совершенства самолета; газодинамического совершенства двигателей; весового совершенства конструкции, двигателей и систем оборудования; от применения активных систем управления, большая часть которых приводит к снижению расхода топлива через снижение массы конструкции и уменьшение сопротивления. Следовательно, этот критерий достаточно объективно характеризует общую эффективность самолета. Математически **топливный критерий** $k_{Т.Э}$ транспортного самолета определяется как расход топлива на тонно-километр транспортирования коммерческой нагрузки [1]:

$$k_{Т.Э} = \frac{m_m}{m_{К.Н}L}, \quad (1)$$

где m_m — масса топлива на старте, кг; $m_{К.Н}$ — масса коммерческой нагрузки, т; L — дальность полета, км.

В качестве критерия, характеризующего **транспортную эффективность самолета**, проектируемого по заданным дальности и грузоподъемности, принято отношение веса пустого снаряженного самолета к тонно-километру транспортируемого груза [2]:

$$k_T = \frac{m_{сн.с}}{m_{к.н}L}, \quad (2)$$

где $m_{сн.с}$ — масса пустого снаряженного самолета, кг; $m_{к.н}$ — масса коммерческой нагрузки, т; L — дальность полета, км.

В этом случае масса пустого самолета не в меньшей степени, чем весовая отдача, характеризует транспортную эффективность самолета. При заданных значениях коммерческой нагрузки и дальности полета наиболее экономичен самолет с минимальным значением $m_{сн.с}$. Размер и, следовательно, тоннаж самолета определяют его грузоподъемность и дальность полета, поэтому массу пустого снаряженного самолета целесообразно относить не к массе коммерческой нагрузки, а к произведению дальности полета и коммерческой нагрузки $m_{к.н}L$.

В ходе выполнения данного исследования проведены расчеты критериев k_T и $k_{T.э}$ для современных турбореактивных и турбовинтовых транспортных самолетов с различной полезной нагрузкой и дальностью полета. Данные самолетов [3] для расчета критериев k_T и $k_{T.э}$ представлены соответственно в табл. 1 и 2. Изменение величины критерия k_T для турбовинтовых и турбореактивных транспортных самолетов с увеличением их грузоподъемности наглядно показано на рис. 1. На рис. 2 приведен график значений критерия $k_{T.э}$ для современных турбовинтовых и турбореактивных самолетов в зависимости от дальности полета. При вычислении величин k_T , $k_{T.э}$ и построении графиков $k_T = f(m_0)$ и $k_{T.э} = f(L)$ приняты следующие условия:

- а) весовые данные соответствуют полету самолетов с максимальной коммерческой нагрузкой на соответствующую ей наибольшую дальность;
- б) учитывается практическая дальность L (без расходования аэронавигационного запаса).

Обратим внимание, что наивысшую транспортную эффективность характеризует наименьшее значение этих критериев. Точки, расположенные выше кривых, относятся к менее экономичным самолетам соответствующей грузоподъемности.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Закономерности, выраженные этими графиками, достаточно объективны: большинство точек, соответствующих как турбовинтовым, так и турбореактивным транспортным самолетам, лежат вблизи кривых с удовлетворительным разбросом.

2. Исключение составляют несколько самолетов, данные которых несколько ниже по вполне объяснимым причинам. Например, очевидно, что эффективность самолета укороченного взлета и посадки ниже, чем у обычных самолетов.

Таблица 1 — Данные самолетов, сопоставляемых по критерию $k_{T,Э}$

Название самолета	Тип двигателей	Масса топлива	Масса коммерческой нагрузки	Дальность полета
		кг	т	км
Ан-124	4 ТРДД	213714	135	4500
SATIC A300-600ST	2 ТРДД	50950	47.6	5200
Ан-74ТК-300	2 ТРДД	13210	10	1450
Do.428JET	2 ТРДД	4640	4.855	1665
Ан-70	4 ТВД	38000	47	7400
Ан-26Б	2 ТВД	2760	5.5	2200
PZL M-28	2 ТВД	870	2	1365
DHC-8	2 ТВД	2324	4.241	2205

Таблица 2 — Данные самолетов, сопоставляемых по критерию k_T

Название самолета	Тип двигателей	Масса пустого снаряженного самолета	Масса коммерческой нагрузки	Дальность полета
		кг	т	км
Airbus A380	4 ТРДД	249000	150	14200
Ан-124	4 ТРДД	173000	135	4500
Boeing 747-400	4 ТРДД	176700	113	7170
Ан-74ТК-300	2 ТРДД	19000	10	1450
Do.428JET	2 ТРДД	11645	4.855	1665
Ан-70	4 ТВД	73000	47	7400
Ан-26Б	2 ТВД	15020	5.5	2200
Сухой С-80ГП	2 ТВД	9450	3.5	1160
Ил-114Т	2 ТВД	10556	7	1000

3. Заметный разброс точек получен для значений $k_{T,Э}$. Объясняется это тем, что относительная величина расхода топлива является функцией многих переменных, в частности, значения аэродинамического качества, удельного расхода топлива двигателей, весовой отдачи самолета по топливу и т.п. Влияние этих параметров является темой самостоятельного исследования.

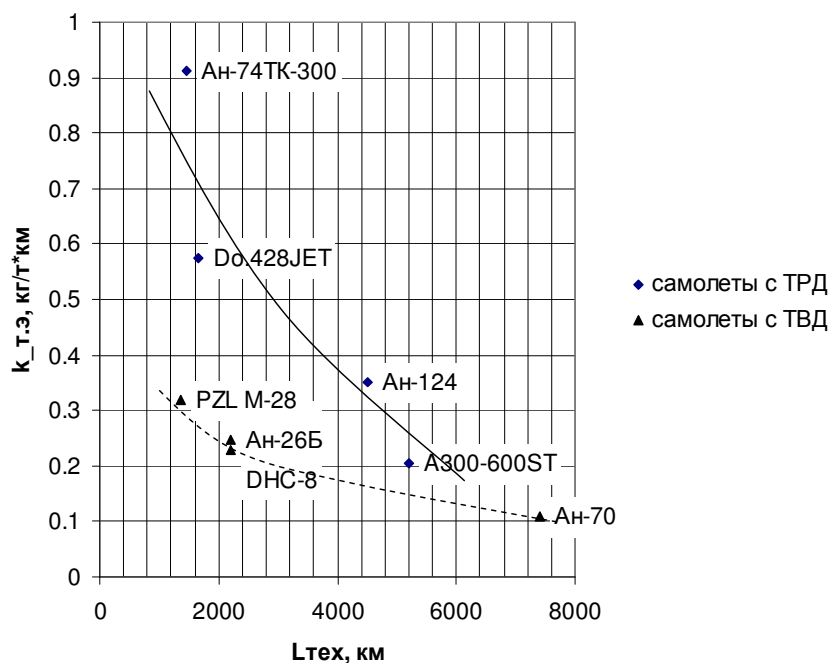


Рисунок 1 — Изменение расхода топлива на тонно-километр перевозимого груза в зависимости от технической дальности полета

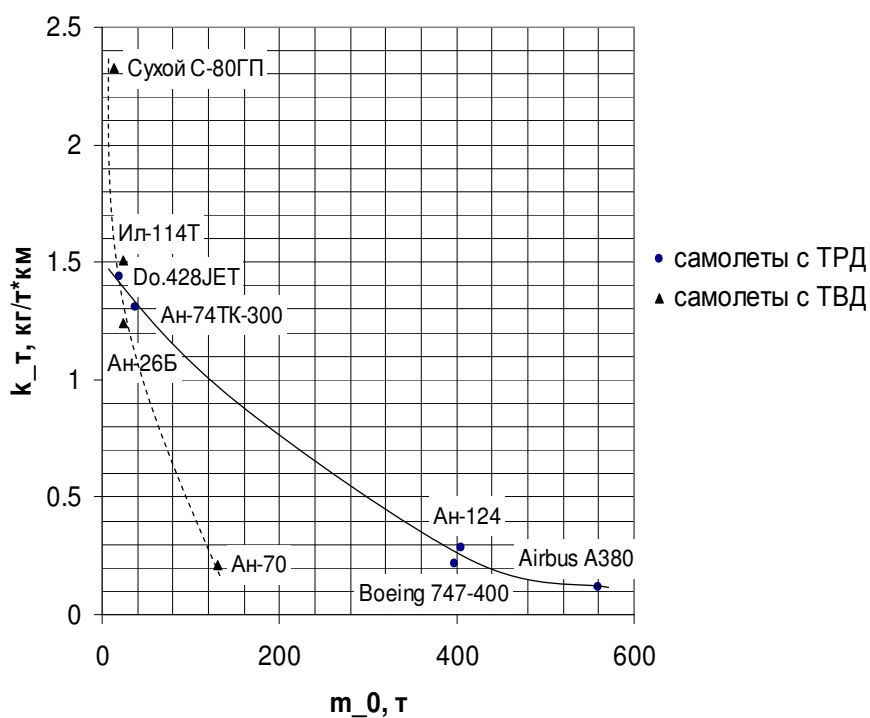


Рисунок 2 — Изменение отношения веса пустого снаряженного самолета к тонно-километру в зависимости от взлетной массы

4. Расход топлива на тонно-километр у турбореактивных самолетов при эксплуатации на линиях, по протяженности соответствующих оптимальной дальности, заметно выше, чем у сопоставимых с ними турбо-

винтовых самолетов. Значение критерия $k_{T,Э}$ турбореактивных самолетов приближается к значению турбовинтовых самолетов при большой дальности полета (начиная с 6000 км). Преимуществом самолетов с турбореактивными двигателями является бóльшая скорость полета, что существенно для пассажирских самолетов, но не имеет определяющего значения для транспортных. Соответственно, самолеты, для которых предусмотрена возможность более или менее оперативного конвертирования из пассажирского варианта в транспортный или грузо-пассажирский, неизбежно уступают по своим характеристикам чисто транспортным самолетам, оптимизированным только для этого назначения.

5. По характеру зависимостей критерия k_T от взлетного веса самолетов и критерия $k_{T,Э}$ от дальности полета, полученных по использованной методике, можно выявить влияние основных технических параметров самолетов на их транспортную эффективность и определить оптимальные значения этих параметров, что является наиболее важным при создании нового самолета. В перспективе развитие используемой математической модели позволит учесть влияние большего количества параметров на эффективность воздушного судна.

Список использованных источников

1. Проектирование гражданских самолетов / И.Я. Катырев, М.С. Неймарк, В.М. Шейнин и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 667 с.
2. Шейнин В. М. Весовая и транспортная эффективность пассажирских самолетов / В. М. Шейнин. – М.: Гос. науч.-техн. изд. «Оборонгиз», 1962.– 363 с.
3. Гражданская авиация: мультимедийный справочник [электронный ресурс] — 1 электрон. опт. Диск (DVD-ROM).
4. Проектирование самолетов / С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев и др.; под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
3. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями: учеб. пособие / П.В. Балабуев, С.А. Бычков, А.Г. Гребенников и др. – Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – ч.2, 390 с.
6. Шейнин В. М. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов / В. Шейнин, В. Козловский. – М.: Машиностроение, 1984. – 552 с.

Поступила в редакцию 02.09.2009 г.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. А. Бычков,
АНТК «Антонов», г. Киев*