



УДК 629.7.02
УДК 629.7.04

Шаламов А. Н.

GESI GmbH, Германия, г. Гамбург

АНАЛИЗ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ САМОЛЁТОВ

Проведён анализ топливной эффективности современных транспортных самолётов. Определены наиболее экономичные модели самолётов грузоподъёмностью до 50 т, от 50 до 100 т и более 100 т, а также наиболее экономичный транспортный самолёт во всём диапазоне грузоподъёмности. Даны рекомендации по проектированию транспортных самолётов и по построению транспортной инфраструктуры с их использованием.

Ключевые слова: топливная эффективность самолёта; транспортный самолёт; грузоподъёмность самолёта; транспортная инфраструктура; проектирование самолётов.

1. Введение

В настоящее время к транспортным самолётам предъявляется ряд противоречивых требований конструктивного, технологического, экологического и эксплуатационного характера. Одним из важнейших критериев оценки эффективности транспортных самолётов является коэффициент топливной эффективности, который выражает количество топлива, необходимое для транспортировки тонны груза на заданное расстояние.

На протяжении последних 60 лет производители пассажирских и транспортных самолётов борются за снижение показателей коэффициента топливной эффективности [1], т.е. за более высокую топливную эффективность, которая в свою очередь оказывает существенное значение на стоимость пассажирских и грузовых авиационных перевозок.

2. Постановка задачи

Целью настоящей статьи является анализ топливной эффективности современных транспортных самолётов во всём диапазоне грузоподъёмности и выдача рекомендаций по проектированию транспортных самолётов с учётом достижения максимальной топливной эффективности, а также выдача рекомендаций по организации грузовых авиационных перевозок с минимальными топливными затратами.

3. Изложение основного материала исследования

Критерием, определяющим топливную эффективность самолёта, является коэффициент топливной эффективности:

$$k_{\text{тв}} = \frac{Q_{\text{т}}}{m_{\text{пн}} \cdot L} \quad (1)$$

где: $k_{\text{тв}}$ — коэффициент топливной эффективности самолёта, л/(т·км); $Q_{\text{т}}$ — объём топлива, л; $m_{\text{пн}}$ — масса полезной нагрузки на борту, т; L — дальность полёта, км.

Коэффициент топливной эффективности является комплексным показателем, отражающим достижения в области технологии самолёто- и двигателестроения, проектирования и производства систем самолётов (таких как система управления, топливная, гидравлическая, электрическая и т.д.), а также в области общего проектирования самолётов.

Принимая во внимание величину диапазона грузоподъёмности современных транспортных самолётов, представляется целесообразным разбить его на следующие группы.

1. Самолёты грузоподъёмностью до 50 т.
2. Самолёты грузоподъёмностью от 50 до 100 т.
3. Самолёты грузоподъёмностью свыше 100 т.

Результаты расчётов коэффициентов топливной эффективности транспортных самолётов групп 1, 2 и 3 представлены в таблицах 1, 2 и 3 соответственно. Данные для расчётов взяты из [2], [3], [4], [5] и [6]. График на рисунке 1 даёт наглядное представление о топливной эффективности современных транспортных самолётов во всём диапазоне грузоподъёмности.

Анализируя результаты таблиц 1, 2 и 3, а также график (см. рис. 1), можно сказать, что наиболее экономичным самолётом в диапазоне грузоподъёмности до 50 т является самолёт Боинг 757-200F с показателем коэффициента топливной эффективности 0,1839049 л/(т·км), самым экономичным самолётом в диапазоне грузоподъёмности от 50 до 100 т является

Таблица 1

Анализ топливной эффективности транспортных самолётов грузоподъёмностью до 50 т

Самолёт	Q_T [л]	L [км]	$m_{\text{пн}}$ [т]	$k_{\text{тз}}$ [л/(т·км)]
737-700С	26020	5555	18.2	0.2573664
737-400F	23800	3815	21	0.2970730
727-200F	38346	2570	24	0.6216926
Ту-204С	41000	2370	30	0.5766526
757-200F	42680	5834	39.78	0.1839049
A300-600F	68150	4850	48.1	0.2921319

Таблица 2

Анализ топливной эффективности транспортных самолётов грузоподъёмностью от 50 т до 100 т

Самолёт	Q_T [л]	L [км]	$m_{\text{пн}}$ [т]	$k_{\text{тз}}$ [л/(т·км)]
767-300F	91400	5929	54.4	0.2833778
A330-200F	97530	5950	70	0.2341657
MD-11F	146170	7320	90.787	0.2199498

Таблица 3

Анализ топливной эффективности транспортных самолётов грузоподъёмностью свыше 100 т

Самолёт	Q_T [л]	L [км]	$m_{\text{пн}}$ [т]	$k_{\text{тз}}$ [л/(т·км)]
777F	181283	9070	102	0.1959520
747-400F	216840	8230	112.63	0.2339298
747-400ERF	216840	9200	112.76	0.2090242
C5 Galaxy	193600	4440	119.4	0.3651893
Ан-124-100	260976	4800	120	0.4530833
747-8F	228000	8130	134	0.2092857
Ан-225	365854	4000	200	0.4573175

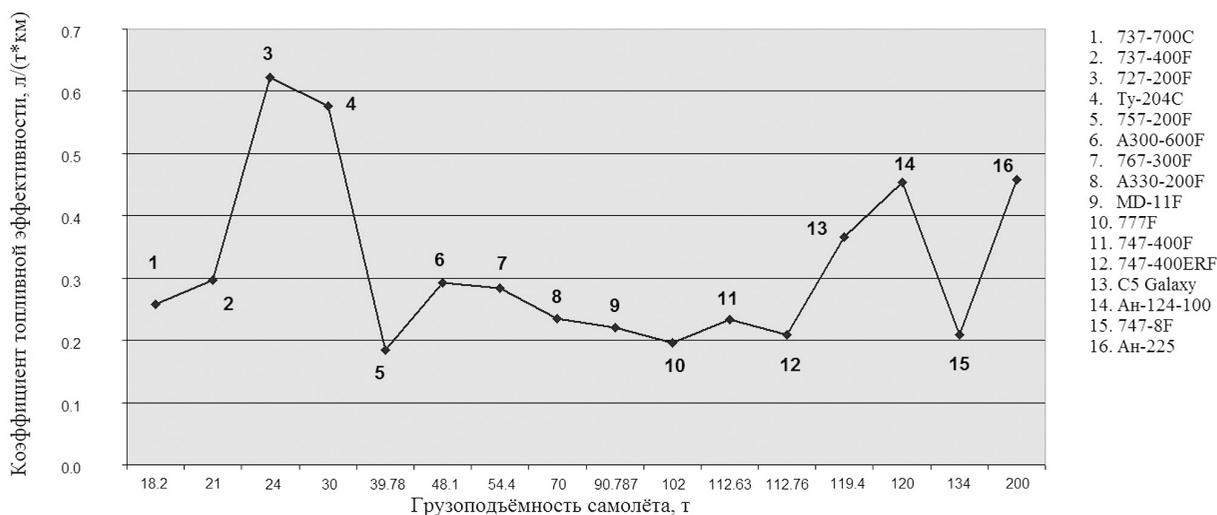


Рис. 1. Анализ топливной эффективности транспортных самолётов



ся самолёт Макдоннелл Дуглас MD-11F с показателем 0,2199498 л/(т·км), и наиболее экономичным самолётом в диапазоне грузоподъёмности свыше 100 т является самолёт Боинг 777F с показателем 0,195952 л/(т·км). Наиболее экономичным транспортным самолётом в настоящее время является Боинг 757-200F. В целом наилучшие показатели топливной эффективности находятся в диапазоне 0,18...0,22 л/(т·км). При этом выявить зависимость коэффициента топливной эффективности от грузоподъёмности не представляется возможным, так как современные транспортные самолёты демонстрируют близкие показатели топливной эффективности вне зависимости от их грузоподъёмности.

Наиболее массовым транспортным самолётом в мире остаётся 727-200F (см. таблицу 4) в силу того, что пассажирская версия этого самолёта был создана ещё в 60-е годы, и большое количество пассажирских самолётов было переоборудовано в транспортные, вторым по популярности является самолёт А300-600F (более 190 единиц). Востребованными на рынке грузовых авиаперевозок остаются Боинг 747-400F и 747-400ERF (166 шт. суммарно) и самолёты Макдоннелл Дуглас MD-11F, которые эксплуатируются в настоящее время в количестве 163 штук. Вместе с тем, количество произведённых и заказанных самолётов 757-200F составляет 150 штук, 777F – 149 штук, 767-300F – 136 штук, что является относительно близкими значениями. Поэтому можно сказать, что сейчас предпочтение отдаётся самолётам грузоподъёмностью от 50 т и выше, но вместе с тем самолёты грузоподъёмностью до 50 т (такие как 727-200F и 757-200F) также остаются востребованными.

Особое внимание следует уделить самолётам С5, Ан-124-100 и Ан-225. Эти самолёты, несмотря на то, что они являются уникальными в своём классе и установили массу рекордов, демонстрируют более высокие значения коэффициента топливной эффективности (т.е. являются менее экономичными). Это связано, прежде всего, с их назначением. Дело в том, что эти

машины изначально проектировались как военно-транспортные самолёты со специфическими требованиями к транспортировке грузов, условиям эксплуатации и, следовательно — к конструкции самолёта. Наличие рампы для погрузки и выгрузки, которую постоянно приходится «возить с собой», а также другого оборудования на борту самолёта (такого как подвесное грузоподъёмное устройство) не способствует улучшению топливной эффективности. Переделка их в гражданские транспортные машины также не приводит к существенному улучшению топливной эффективности, и такой самолёт как 747-8F значительно выигрывает в этом смысле, имея при этом грузоподъёмность на 14 т выше и дальность на 3330 км больше по сравнению с Ан-124-100. Но если необходимо перевезти моногруз большой массы или транспортировать грузы больших габаритов (такие как двигатели для семейства самолётов Боинг 777 [7]), то Ан-124-100 и особенно Ан-225 становятся просто незаменимыми в силу отсутствия прямых конкурентов, обладающих подобными возможностями. Кроме того, самолёт Ан-225 обладает способностью транспортировать грузы на внешней подвеске (воздушно-космический аппарат «Буран», ступени ракеты-носителя «Энергия»). Необходимо также отметить и тот факт, что самолёт Ан-124 создавался в конце 70-х — начале 80-х годов, а Ан-225 — в 80-е годы. Самолёт Боинг 747-8F создавался в период с 2005 по 2011 год и вобрал в себя самые последние достижения в области самолётостроения за последние 30 лет, например, такие как новые более экономичные двигатели, улучшенную аэродинамику и более совершенное крыло из композиционных материалов [3].

В целом можно сказать, что транспортную инфраструктуру для транспортировки грузов следует выстраивать, используя наиболее экономичные самолёты Боинг 757-200F, 777F и 747-8F, принимая во внимание необходимую дальность полёта и грузопоток на конкретном маршруте. Уникальные грузы и в особенности моногрузы возможно транспортировать только самолётами Ан-124-100 и Ан-225, одна-

Таблица 4

Количество произведённых и заказанных транспортных самолётов (январь 2015)

Самолёт	Количество шт.	Самолёт	Количество шт.
737-700С	20	MD-11F	163
737-400F	90	777F	149
727-200F	>300	747-400F	126
Ту-204С	10	747-400ERF	40
757-200F	150	С5 Galaxy	131
А300-600F	>190	Ан-124-100	55
767-300F	136	747-8F	71
А330-200F	38	Ан-225	1

ко показатели топливной эффективности этих самолётов оставляют желать лучшего. Одним из направлений для улучшения их топливной эффективности может быть оснащение этих машин новыми более экономичными двигателями, и в целом необходимо стремиться обеспечить значения коэффициента топливной эффективности самолётов Ан-124 и Ан-225 на уровне 0,18...0,2 л/(т·км). Следует отметить и то, что снижение расхода топлива ведёт не только к снижению эксплуатационных расходов, но и к улучшению экологической обстановки, так как в этом случае снижаются объёмы вредных выбросов окислов углерода и азота.

4. Выводы

Проведён анализ топливной эффективности современных транспортных самолётов. Определены наиболее экономичные модели самолётов грузоподъёмностью до 50 т (Боинг 757-200F), от 50 до 100 т (Макдоннелл Дуглас MD-11F) и более 100 т (Боинг 777F), а также наиболее экономичный транс-

портный самолёт во всём диапазоне грузоподъёмности. Даны рекомендации по проектированию транспортных самолётов и по построению транспортной инфраструктуры с их использованием.

Литература

- [1] P.M.Peeters, J.Middel, A.Hoolhorst «Fuel efficiency of commercial aircraft», National Aerospace University NLR of the Netherlands, 2005.
- [2] Интернет сайт www.airbus.com
- [3] Интернет сайт www.boeing.com.
- [4] Интернет сайт <http://www.lockheedmartin.com>.
- [5] Интернет сайт <http://www.antonov.com>.
- [6] Интернет сайт <http://www.tupolev.ru>.
- [7] David Parker Brown «Photos: An inside look of an Antonov An-124», Airline Reporter, February 2013, www.airlinereporter.com.
- [8] Интернет сайт http://www.planespotters.net/Production_List.
- [9] Интернет сайт <http://www.efw.airbus-group.com/efw/germany/en.html>.

Shalamov A. N.

GECI GmbH. Germany, Hamburg

FUEL EFFICIENCY ANALYSIS OF MODERN CARGO AIRPLANES

The fuel efficiency analysis of modern cargo airplanes is performed. The most fuel efficient cargo airplanes are defined in the payload range up to 50 t, from 50 to 100 t and over 100 t as well as the most fuel efficient cargo airplane of the entire payload range.

Recommendations of the cargo airplanes utilization and cargo transportation infrastructure creating are formulated.

Keywords: fuel efficiency of the aircraft; cargo airplanes; aircraft carrying capacity; transport infrastructure; design of aircraft.

References

- [1] P.M.Peeters, J.Middel, A.Hoolhorst «Fuel efficiency of commercial aircraft», National Aerospace University NLR of the Netherlands, 2005.
- [2] Web site www.airbus.com
- [3] Web site www.boeing.com.
- [4] Web site <http://www.lockheedmartin.com>.
- [5] Web site <http://www.antonov.com>.
- [6] Web site <http://www.tupolev.ru>.
- [7] David Parker Brown «Photos: An inside look of an Antonov An-124», Airline Reporter, February 2013, www.airlinereporter.com.
- [8] Web site http://www.planespotters.net/Production_List.
- [9] Web site <http://www.efw.airbus-group.com/efw/germany/en.html>.