

УДК 629.7.02

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОЛЕТА***А. С. Решенкин, Д. А. Макеев*

Донской государственный технический университет, (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Решением проблемы повышения топливной эффективности самолета может являться применение новых, более совершенных по конструкции двигателей, а также модернизация и усовершенствование старых; улучшение компоновки и аэродинамики планера; уменьшение массы самолета за счет применения новых конструкционных материалов и технических решений; использование новых, более совершенных и энергоемких видов топлива.

**Ключевые слова:** топливная эффективность, авиация, авиастроение, пассажирский авиалайнер, газотурбинный двигатель, аэродинамика.

**ANALYSIS OF METHODS FOR IMPROVING THE AIRCRAFT FUEL EFFICIENCY***A. S. Reshenkin, D. A. Makeev*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

This article describes the analysis of methods for improving the aircraft fuel efficiency. The solution to this problem can be the use of new, more advanced engines, as well as the modernization and improvement of the old ones; improving the layout and aerodynamics of the airframe; reducing the weight of the aircraft due to the use of new structural materials and technical solutions; the use of new, more advanced and energy-intensive fuels.

**Keywords:** fuel efficiency, aviation, aircraft construction, passenger airliner, gas turbine engine, aerodynamics.

**Введение.** Полет — это основной производственный процесс на воздушном транспорте. Поэтому повышение его экономичности входит в ряд главных задач инженеров. Это напрямую связано с экономией как материальных, так и финансовых ресурсов. На решение данной проблемы приходится основная часть ресурсов отрасли воздушного транспорта.

Практика нередко показывает, что большинство воздушных судов гражданской авиации содержит гораздо больший аэронавигационный запас топлива, чем это необходимо для обеспечения полета. Аэронавигационный запас — топливо сверх его расчетного количества, необходимого для выполнения полета от взлета до посадки согласно плану. Этот запас является частью достаточного запаса топлива для полета. Сэкономить запас топлива помогает правильное построение курса, при котором обеспечивается наименьшее маневрирование.

Современные реактивные самолеты по сравнению с самыми ранними имеют в два раза большую топливную экономичность, несмотря на то, что керосин, ранее используемый в качестве топлива, был относительно недорогим. Новейшие турбовинтовые авиалайнеры более экономичны, чем самолеты, укомплектованные реактивными двигателями аналогичной тяги, за счет принципиальных особенностей данных типов силовых установок. По данным американской корпорации Boeing эффективность расхода топлива реактивного самолета за период с 1960 по 2000 гг. выросла на 55 % [1, 2].

**Улучшение конструкции двигателей.** Одним из главных направлений дальнейшего увеличения эффективности расхода топлива является внедрение новых, более совершенных турбореактивных двигателей двухвальных (ТРДД). Современные ТРДД отличаются высокими

показателями двухконтурности, повышения давления воздуха в компрессоре и температуры газа перед турбиной до 1500–1550°K [3]. Такое улучшение цикла работы двигателя приводит к уменьшению его габаритов и повышению весовой отдачи, что обеспечивает снижение расхода топлива.

Повысить топливную эффективность летательных аппаратов можно за счет использования усовершенствованных турбовинтовентиляторных двигателей и, соответственно, малогабаритных многолопастных высоконагруженных винтов, рассчитанных на высокие скорости полета. Лопастей такого типа имеют саблевидную форму и тонкий профиль. Согласно расчетам, данный тип двигателей имеет удельный расход топлива на крейсерском режиме полета в количестве 0,75–0,8 % относительно этого параметра для ТРДД аналогичной тяги. Но данная силовая установка имеет ряд негативных факторов, останавливающих внедрение ее в массовое производство. К ним относят высокий уровень шума и вибраций, создаваемый винтами, и обеспечение необходимой прочности винтам из композиционных материалов [4].

**Улучшение аэродинамики планера.** Вторым направлением уменьшения расхода топлива авиатехники является развитие работ в области аэродинамики. Новые, сверхкритические профили в сечениях крыла умеренной стреловидности имеют большую относительную толщину, вплоть до 15–10 %, и дают возможность достигать крейсерской скорости полета до 800–850 км/ч. Главное достижение аэродинамики профиля — значимое повышение его толщины, что позволило на 40–50 % увеличить удлинение крыла при сохранении его прочности и веса. Но следует отметить, что наилучшие аэродинамические показатели реализуются в крейсерском полете при наиболее благоприятных значениях коэффициента подъемной силы. Главную трудность представляет требование обеспечения запаса по расходу топлива и подъемной силы до начала бафтинга.

Однако удлинение крыла самолета ограничивается размерами стандартных стояночных площадок, установленных в аэропортах, и мест посадки пассажиров. Для этого в конструкцию самолета вводится механизм отклонения части консоли крыла (рис. 1).

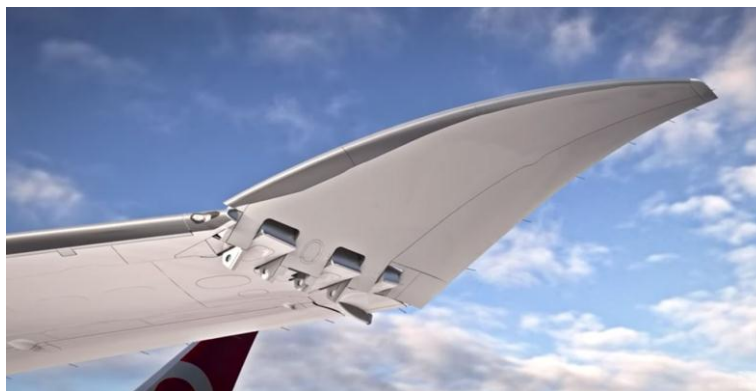


Рис. 1. Отклоняемая часть консоли крыла Boeing 777X

Увеличение длины крыла — не единственный путь улучшения аэродинамики самолета. На нее так же могут положительно повлиять профильные законцовки крыла и другие характерные поверхности [5, 6]. Они мешают процессу перетекания воздуха из зон повышенного давления под крылом в зоны пониженного давления над крылом. Они нашли применение на самолетах: Ил-96-300, Ту-204, Ту-214, Airbus A-340.

Также стоит упомянуть о перспективном сверхэкономичном экспериментальном самолете Celera 500L (рис. 2), разработанном компанией Otto Aviation Group (USA). Он выполнен в виде вытянутого эллипсоида с минимумом выступающих деталей. Такие обводы самолета

обеспечивают ламинарное течение потока, что, согласно исследованиям, позволяет уменьшить сопротивление на 59 % в сравнении с самолетами традиционной компоновки.



Рис. 2. Celera 500L

**Облегчение планера.** В последние годы развитие авиации связано с обеспечением необходимой прочности конструкции, повышением ее ресурса и надежности. Это обусловит также повышение топливной эффективности и снижение себестоимости перевозок.

Облегчение конструкций самолета достигается путем замены старых деталей на новые из прогрессивных конструкционных материалов. Такие детали соответствуют заявленным критериям прочности, но имеют гораздо меньшую массу. Это может быть обеспечено применением композиционных материалов. За последние 30 лет процент внедрения данного вида материалов в конструкцию планера неуклонно растет [7, 8]. Примером является широкофюзеляжный пассажирский авиалайнер Boeing 787 Dreamliner, где использование композитных материалов достигает 50 % от массы самолета. Это обеспечивает снижение веса в среднем на 20 % по сравнению с более традиционными алюминиевыми конструкциями.

**Использование новых видов топлива.** Использование альтернативных видов топлива на сегодняшний день является перспективным направлением снижения его расхода, повышения эффективности и энергоемкости сгорания и развития новых типов двигателей. В качестве авиационного топлива могут применяться различные газы типа водорода, метана, пропана. Данный способ может позволить:

- уменьшить объем топливных баков на борту самолета;
- обеспечить качественное охлаждение двигателя;
- увеличить температуру газа перед турбиной, что влечет за собой повышение КПД двигателя;
- создать благоприятные температурные условия работы бортового оборудования;
- расширить размеры зон пограничного ламинарного слоя за счет охлаждения омываемой поверхности планера, что повышает его аэродинамическое качество;
- уменьшить объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, в частности, в области аэропортов.

Однако, такие двигатели не лишены минусов. Негативным фактором является то, что использование разнообразных типов топлива из сжиженных газов может особым образом повлиять на конструкцию, энергетику и эксплуатационные особенности летательного аппарата. Температура кипения такого топлива ниже чем у используемого на данный момент керосина, что создает проблемы при его сжижении, хранении и перевозке в баках самолета.

**Выводы.** Таким образом, проведенный анализ позволяет выделить основные направления развития современных воздушных судов:

- разработка принципиально новых типов двигателей, а также доработка и улучшение старых;

- совершенствование аэродинамики поверхностей планера;
- облегчение планера путем применения композитных материалов и совершенствования узлов и агрегатов летательного аппарата;
- использование новых видов топлива.

#### Библиографический список

1. Акзигитов, А. Р. Методы экономии топлива на воздушном транспорте / А. Р. Акзигитов // Решетневские чтения. — 2013. — Т. 1 — С 341–342.
2. Mrazova, M. Future directions of fuel efficiency in aviation industry/ M. Mrazova // INCAS BULLETIN. — 2013. — №5. — С 71–86.
3. Магеррамова, Л. А. Конструктивные мероприятия, направленные на увеличение расчетной долговечности лопаток высокотемпературных турбин / Л. А. Магеррамова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2015. — № 2. — С. 79–86.
4. Макеев, Д. А. Проблемы прочности современных винтовентиляторов / Д. А. Макеев, В. И. Келарев // Достижения науки и образования. — 2020. — № 17 (71). — С 31–33.
5. Гуереш, Д. Исследование прироста аэродинамических нагрузок при установке законцовки на крыле дозвукового пассажирского самолета / Д. Гуереш // Гагаринские чтения : тез. докл. XLIII Междунар. молодёж. науч. конф. — Москва : Изд-во МАИ, 2017. — С. 11–12.
6. Faye, R., R. Laprete Winter Blended Winglets for Improved Airplane Performance // Aero Magazine. — 2002. — №17. — С. 16–31.
7. Васильев, В. В. Механика конструкций из композитных материалов / В. В. Васильев. — Москва : Машиностроение, 1988. — 264 с.
8. Макеев, Д. А. Применение композитных материалов в авиастроении / Д. А. Макеев, В. И. Келарев // Достижения науки и образования. — 2020. — № 17 (71). — С. 29–31.

#### Об авторах:

**Макеев Дмитрий Александрович**, студент кафедры «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и наземного оборудования» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [mitya2012m2015@mail.ru](mailto:mitya2012m2015@mail.ru)

**Решенкин Андрей Станиславович**, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и наземного оборудования» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, профессор, [reshenkin@list.ru](mailto:reshenkin@list.ru)

#### About the Authors:

**Makeev, Dmitriy A.**, Student, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), [mitya2012m2015@mail.ru](mailto:mitya2012m2015@mail.ru)

**Reshenkin, Andrey S.**, Head of the Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Cand.Sci., Professor, [reshenkin@list.ru](mailto:reshenkin@list.ru)