

ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА

Опрышко Ю.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия
e-mail: opryshko yuliya@mail.ru*

Рассматриваются критерии оценки затрат на эксплуатацию пассажирского самолета; обосновывается необходимость разработки критерия оценки, учитывающего не только основные затраты, но и изменчивость внешней среды, различную пассажироместимость самолета, ограничения Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization — ICAO) на полет двухдвигательных самолетов над безориентированной местностью. Разработанный критерий «динамическая себестоимость рейса на одно кресло» позволяет получить объективную информацию об эксплуатационных затратах.

Ключевые слова: эксплуатационные затраты, критерий оценки, динамическая себестоимость рейса на одно кресло, правила выполнения полетов увеличенной дальности на самолетах с двумя газотурбинными двигателями (ETOPS), ограничения ICAO, изменчивость внешней среды.

Введение

Жесткая конкуренция на рынке авиаперевозок обуславливает потребность авиакомпаний в самолете, максимально дешевом по эксплуатационным расходам. Авиастроительная корпорация, которая предложит наиболее экономичный в эксплуатации тип самолета, может потеснить конкурентов и укрепить свое положение на мировом рынке производителей гражданской авиатехники.

Анализ критериев оценки затрат на эксплуатацию магистрального самолета

В качестве критериев, используемых при оценке эксплуатационных затрат, применяются различные показатели. По мнению автора, наиболее обоснованным представляется подход, разработанный Саркисяном С.А., Стариком Д.Э., Акоповым П.Л. Критерием выбора воздушного судна (ВС) является минимум приведенных затрат на единицу его производительности.

В зависимости от условий в качестве критериев используются: минимум себестоимости тонно-километра, $C_{\text{ТКМ}} \rightarrow \min$; минимум себестоимости пассажиро-километра, $C_{\text{п.км}} \rightarrow \min$; минимум себестоимости летного часа, $C_{\text{л.ч}} \rightarrow \min$; минимум себестоимости транспортной операции, $C_{\text{т.о}} \rightarrow \min$.

Достоинствами рассматриваемого подхода являются учет всех основных затрат на эксплуатацию пассажирского самолета, а также его многовариантность, возможность выбора критерия, максимально полно отражающего уровень конкурентоспособности сравниваемых самолетов в заданных условиях.

Критерием, учитывающим основные затраты на эксплуатацию ВС, является себестоимость летного часа. Структура себестоимости летного часа включает следующие расходы: на аэронавигацию, аэропортовое обслуживание, авиаГСМ, содержание и техобслуживание ВС, владение (амортизация/лизинг) и заработную плату летного экипажа с бортопроводниками.

Критерий себестоимости летного часа позволяет учесть все расходы, однако необходимо отметить, что он имеет ряд существенных недостатков, игнорирование которых может привести к недопустимой погрешности и повлечь за собой принятие неправильных управленческих решений при выборе самолета.

Во-первых, не учитывается разница в крейсерской скорости. Хотя для самолетов, относимых к одному классу, эта разница незначительна, на дальних перелетах она может быть достаточно существенной.

Во-вторых, игнорируется различная пассажировместимость самолетов. Во избежание возникновения погрешности в данном случае применяется показатель «расход топлива на пассажиро-километр»; можно использовать и такой показатель, как эксплуатационные расходы на пассажиро-километр. Недостаток этого критерия заключается в предположении, что протяженность маршрута одинакова. На самом деле, несмотря на то, что расстояние между пунктами отправления и назначения неизменно и независимо от типа самолета, протяженности маршрута для самолетов будут различаться.

Данный подход разрабатывался в 80-е годы. Сегодня существует объективная потребность в разработке методического инструментария, в полной мере учитывающего ограничения ИКАО и отражающего особенности длительной эксплуатации пассажирского самолета в условиях изменчивости внешней среды.

Главная проблема использования критериев стоимости летного часа, стоимости пассажиро-километра и других заключается в игнорировании ограничений ИКАО по правилам безопасности полетов на двухдвигательных самолетах, что в некоторых случаях делает бессмысленным проведение анализа эксплуатационных расходов сравниваемых самолетов.

Сравнение критериев данного подхода представлено в таблице.

Обоснование в качестве критерия оценки эксплуатационных затрат показателя «минимум себестоимости рейса на одно кресло»

ИКАО представляет собой глобальный форум государств по вопросам международной гражданской авиации, который разрабатывает политику, стандарты, проводит проверки соблюдения выполнения требований, исследования и аналитические работы, оказывает помощь и наращивает авиационный потенциал в сотрудничестве с государствами-членами и заинтересованными сторонами. В стра-

тегические цели ИКАО для мировой гражданской авиации на 2014—2016 гг. входит: повышение уровня безопасности полетов и эффективности деятельности, наращивание потенциала, упрощение формальностей, содействие развитию надежной экономически жизнеспособной системы и минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

Правила выполнения полетов по ETOPS в мировой практике применяются с 1985 года. За это время по правилам ETOPS успешно выполнено более 2 миллионов полетов. Мировая статистика показывает, что выполнение полетов увеличенной дальности на самолетах с двумя газотурбинными двигателями (ГТД) при соблюдении правил ETOPS является не только наиболее экономичным, но и наиболее безопасным видом авиационных перевозок.

Правила выполнения полетов по ETOPS разработаны в соответствии с требованиями документов, регламентирующих вопросы эксплуатации самолетов с двумя ГТД:

- Advisory circular (AC) 120-42 A;
- Advisory material joint (AMJ) 120-42;
- Complimentary technical condition (CTC) 20;
- Information Leaflet (IL) 20;
- Приказ ФАС России от 21 апреля 2000 года № 94.

Правила выполнения полетов по ETOPS включают в себя все вопросы, касающиеся определения возможности выполнения полета по ETOPS, зоны оперирования, требований к ВС и экипажу, летной эксплуатации ВС в нормальных и особых условиях полета, особенностей технологии работы экипажа и ведения необходимой документации.

Правила выполнения полетов по ETOPS применяются на маршрутах, имеющих участки, с любой точки которых время полета на одном двигателе до пригодного для посадки данного типа ВС аэродрома более одного часа полета и не выходит за пределы установленной зоны оперирования.

Термин **non-ETOPS** относится к полетам самолетов с двумя ГТД, не выполняющих полеты по

Сравнение критериев подхода Саркисяна С.А., Старика Д.Э.

Факторы	Минимум стоимости летного часа	Минимум стоимости транспортной операции	Минимум эксплуатационных расходов на п.км/т.км
Основные эксплуатационные затраты	Учитываются	Учитываются	Учитываются
Изменчивость внешней среды	Не учитывается	Не учитывается	Не учитывается
Различная пассажировместимость	Не учитывается	Не учитывается	Учитывается
Различная крейсерская скорость	Не учитывается	Учитывается	Не учитывается
Различная протяженность маршрута	Не учитывается	Учитывается	Не учитывается

правилам ETOPS ввиду отсутствия сертификации воздушного судна для ETOPS, невозможности выполнения полета по правилам ETOPS на данном типе (экземпляре) ВС и др.

Полеты на самолетах с двумя ГТД, не допущенных к полетам по правилам ETOPS, должны выполняться таким образом, чтобы в случае отказа одного двигателя продолжительность полета до запасного аэродрома от любой точки маршрута в штиль на скорости, установленной для полета с одним работающим двигателем, составляла не более 60 минут. Круги допустимого полета представлены на рис. 1.

Получение одобрения авиакомпанией для полетов по правилам ETOPS осуществляется в два этапа.

На первом этапе производитель самолетов получает одобрение уполномоченного органа для выполнения полетов по правилам ETOPS данного типа самолета в данной конфигурации (планер/двигатель). Одобрение базируется на статистике надежности данной конфигурации самолета по результатам ее эксплуатации в авиакомпаниях мира.

На втором этапе авиакомпания получает одобрение на выполнение полетов по правилам ETOPS от уполномоченного в области гражданской авиации России органа. Авиакомпания должна продемонстрировать уполномоченному в области гражданской авиации России органу способность выполнять полеты по правилам ETOPS с высокой степенью безопасности и поддерживать исправ-

ность самолетов на приемлемом для таких полетов уровне.

Получение одобрения авиакомпанией для полетов по правилам ETOPS позволяет выполнять полет таким образом, чтобы расстояние до ближайшего аэропорта в случае отказа одного из двигателей было не 60 мин, а 120, 180 или даже 270 мин, что позволяет спрямить маршрут. Это найдет отражение в сокращении продолжительности полета и как следствие в сокращении условно-переменных расходов на рейс. Ограничения ETOPS варьируются от 60 мин для двухдвигательного самолета, не сертифицированного по ETOPS, до 270 мин (для Boeing 777). Ограничения зависят от надежности двигателя, от наработки часов; кроме того, если самолет выполняет рейсы по ETOPS, то и самолет, и техническая служба должны поддерживаться на определенном уровне.

Для подготовки самолета по ETOPS есть специальные карты. Перед ETOPS-рейсом выполняется больше проверок, например, заправка маслом не должна выполняться одним человеком на обоих двигателях, чтобы исключить влияние человеческого фактора. Если по техническим причинам невозможно выполнить полет по маршруту ETOPS, то экипаж либо переносит вылет до устранения причин, либо изменяет маршрут. Это делается, чтобы в случае отказа одного двигателя самолет мог на оставшемся долететь до запасного аэродрома на протяжении порогового времени. Малые (60 мин) и большие (120 мин) круги допустимого полета представлены на рис. 2 и 3.

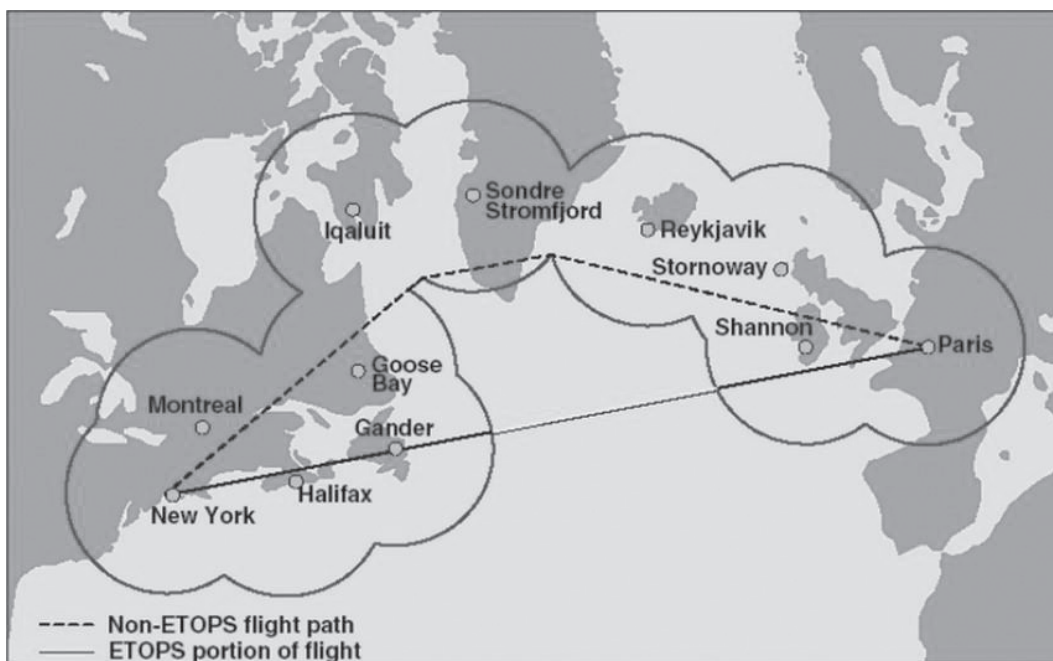


Рис. 1. Траектория полета non-ETOPS и доля полета по ETOPS

Игнорирование ограничений ETOPS может быть несущественным, если речь идет о перелетах над регионами с высокой плотностью аэропортов,

гут быть выполнены двухдвигательными самолетами, не сертифицированными по ETOPS, например полеты через Атлантический океан.

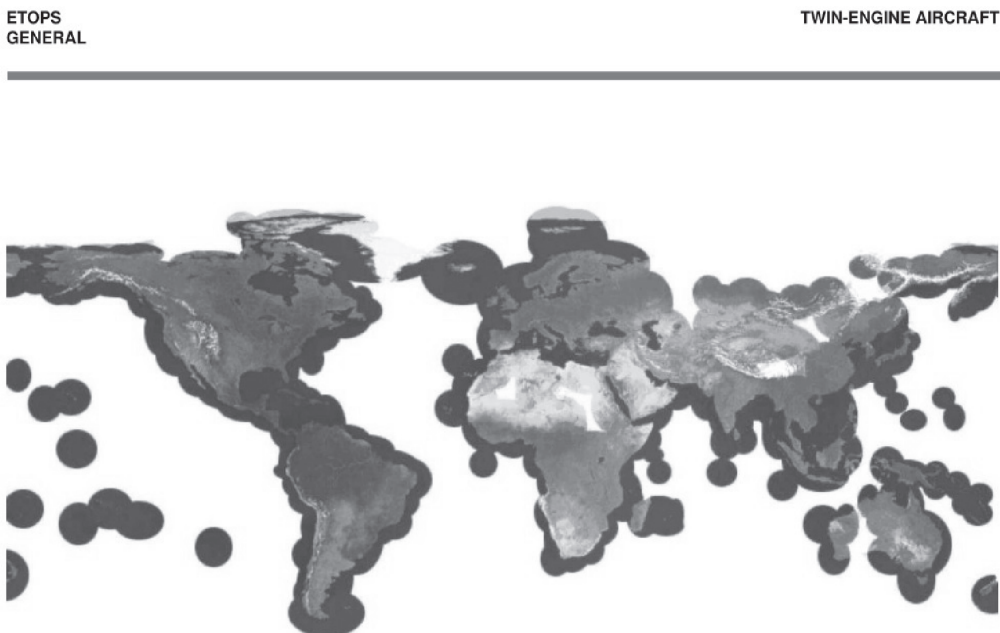


Рис. 2. Области допустимого полета двухдвигательного самолета, не сертифицированного по правилам ETOPS

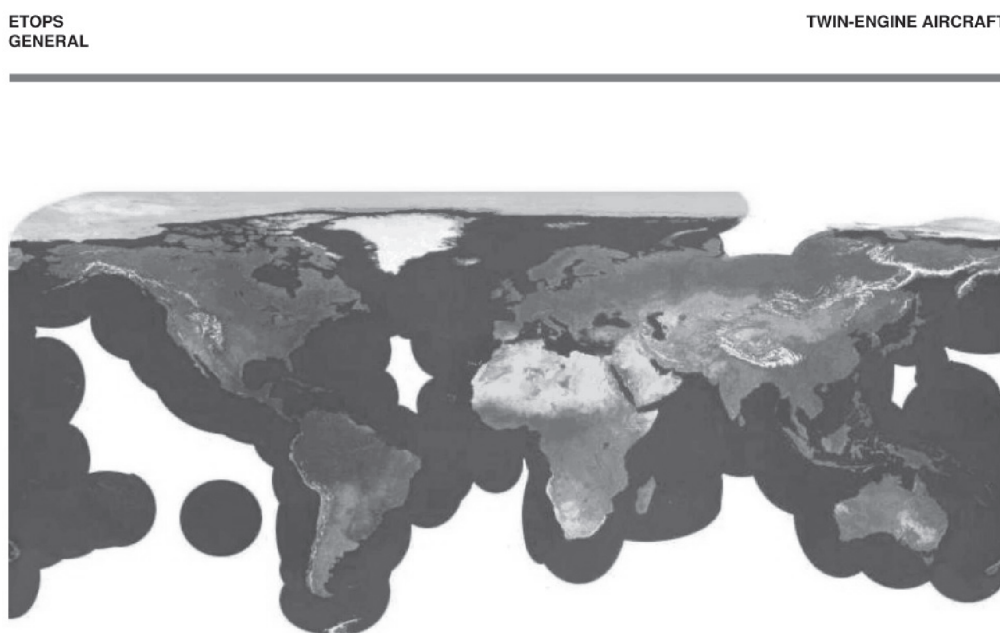


Рис. 3. Области допустимого полета двухдвигательного самолета со 120-минутными ограничениями ETOPS

однако, если же дело касается перелетов над территорией Крайнего севера, над океанами, пустынями и другими территориями, называемыми безориентированной местностью, величина ограничений ETOPS может оказаться существенной. Протяженность маршрута двухдвигательных самолетов с различными ограничениями ETOPS и четырехдвигательных самолетов может существенно различаться, более того, некоторые рейсы даже не смо-

Таким образом, если речь идет о сравнении магистральных самолетов, необходимо учитывать, насколько данный самолет сертифицирован по ETOPS. Критерий себестоимости летного часа не позволяет учесть эти важные ограничения, следовательно, сравнивать самолеты необходимо не по критерию стоимости летного часа, а по критерию стоимости рейса.

Также необходимо принимать во внимание различия в пассажировместимости самолетов. Пассажировместимость основных самолетов марки Боинг и Аэрбас представлена на рис. 4.

Таким образом, объективным критерием при оценке эксплуатационных затрат магистрального

пользования статического показателя «себестоимость рейса на одно кресло» недопустимо. Колебания на рынке нефти представлены на рис. 5.

Таким образом, для объективной оценки эксплуатационных затрат рекомендуется использовать критерий динамической себестоимости рейса, ко-

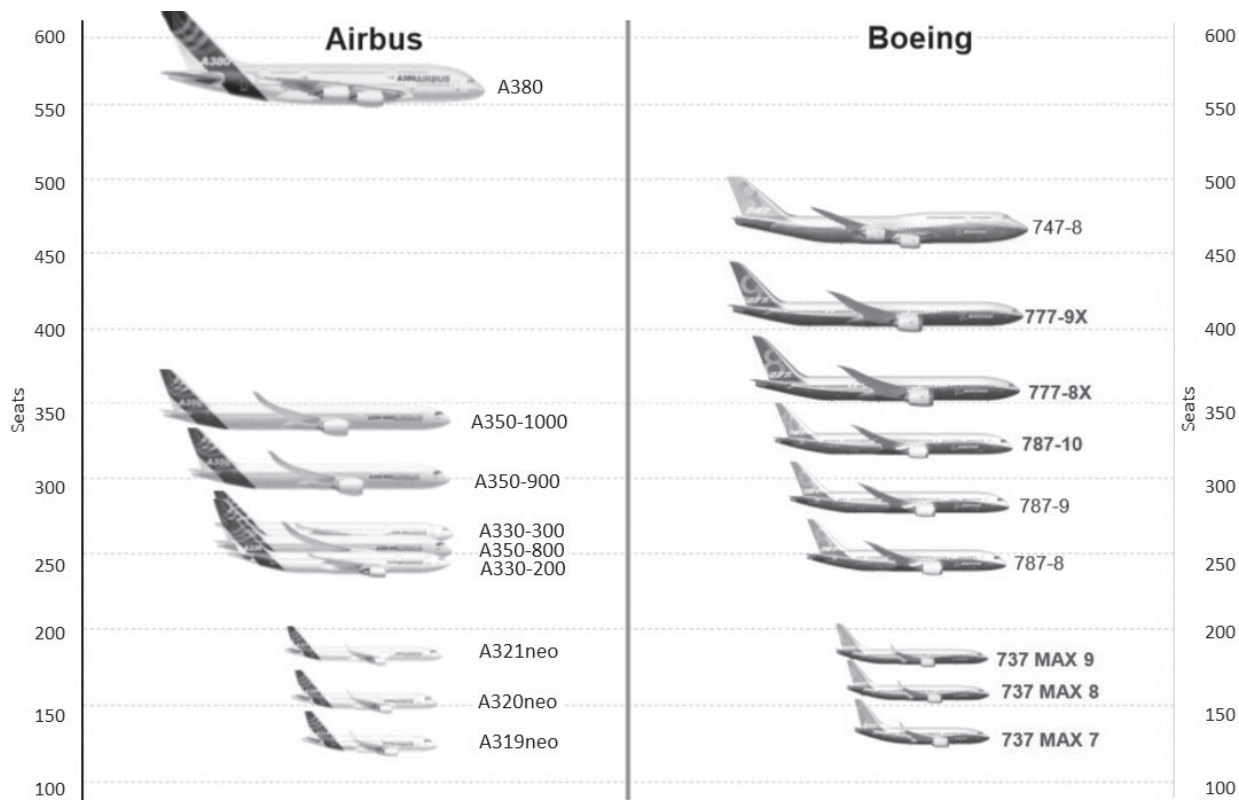


Рис. 4. Пассажировместимость продуктовой линейки Боинг и Аэрбас

самолета является «минимум стоимости рейса на одно кресло», позволяющий учесть не только различную крейсерскую скорость, но и ограничения ИКАО и различную пассажировместимость самолетов.

Обоснование динамической себестоимости рейса

Расчет стоимости рейса на одно кресло покажет объективную информацию об эксплуатационных расходах, но только на текущую дату в текущих условиях. Стоимость 1 т топлива, заработная плата летно-техническому персоналу и летному экипажу с бортпроводниками, курсы валют, аэропортовые сборы и пр. не являются постоянными за весь срок эксплуатации самолета, и возникает опасность, что рассчитанные на текущую дату показатели себестоимости рейса будут иметь существенную погрешность при сравнении воздушных судов с существенными отличиями по летно-техническим и экономическим показателям. В ситуации изменчивости внешней среды особенно резких колебаний на рынках энергоресурсов и валютных рынках ис-

торый рассчитывается не на основе текущего уровня цен на ГСМ, заработных плат членам салонного и кабинного экипажей, курсов валют, ставок аэропортовых сборов и др., а на основе средних прогнозных значений за весь срок эксплуатации самолета по формуле

$$\overline{C_{\text{рейса}}} = \overline{P_{\text{вз}}} + \overline{P_{\text{пос}}} + \overline{K_{\text{рас}}} + \left(\frac{\overline{\text{ЛП}}}{R} + \frac{\sum \overline{\text{ТОиР}}}{T} + P_{\text{ГСМ}} \cdot \overline{\Pi_{\text{ГСМ}}} + \overline{C_{\text{ЗП}}} (1 + CB) \right) t,$$

где $\overline{C_{\text{рейса}}}$ — динамическая себестоимость рейса; $\overline{P_{\text{вз}}}$ — средняя величина прогнозных расходов по обеспечению взлета за весь срок эксплуатации самолета; $\overline{P_{\text{пос}}}$ — средняя величина прогнозных расходов по обеспечению посадки за весь срок эксплуатации самолета; t — продолжительность полета; $\overline{\text{ЛП}}$ — дисконтированная сумма лизинговых пла-

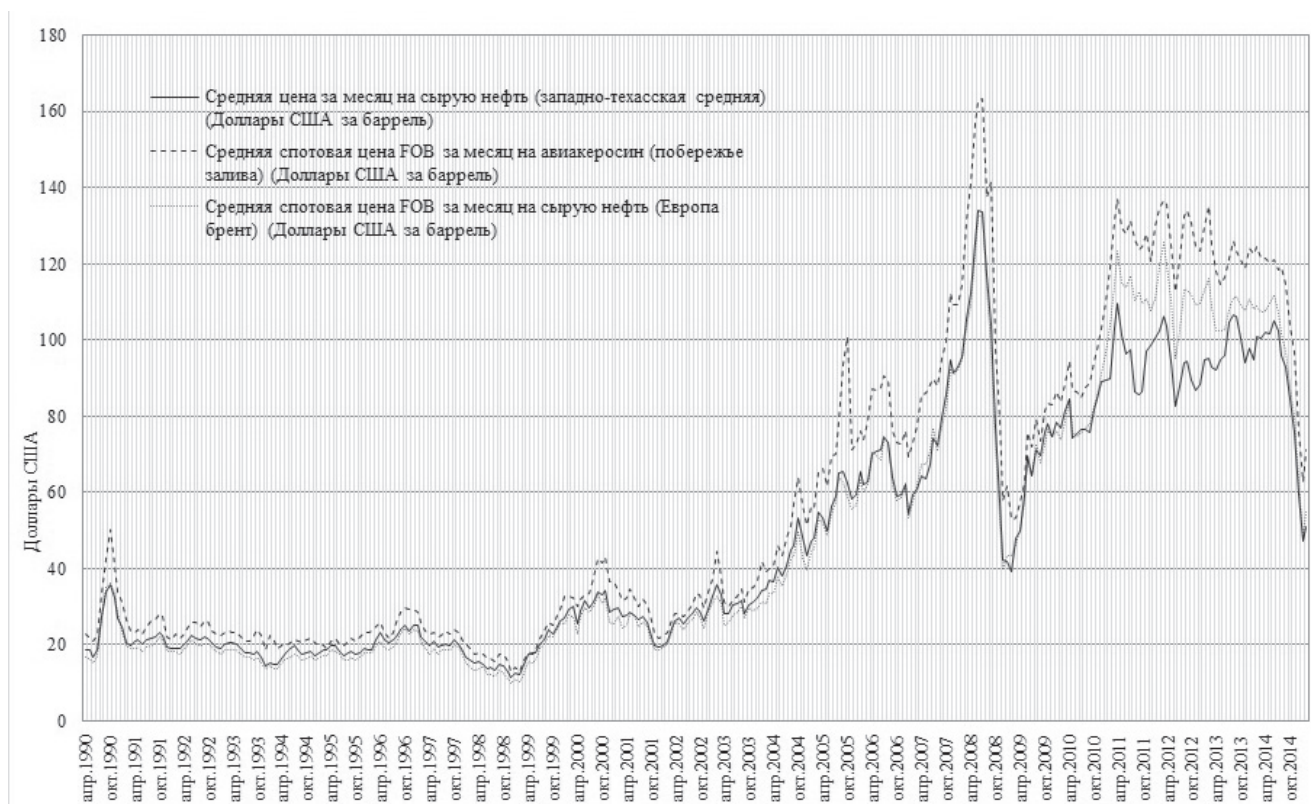


Рис. 5. Динамика цен на нефть и авиакеросин

тежей с учетом прогноза колебаний курсов валют; R — ресурс самолета до списания; $\overline{ТОиР}$ — средняя стоимость планового технического обслуживания за весь срок эксплуатации с учетом ежегодной индексации и прогнозной стоимости материалов для ремонта, приведенная к текущему моменту дисконтированием денежных потоков; T — периодичность планового ремонта; $P_{гсм}$ — часовой расход топлива; $\overline{Ц_{гсм}}$ — прогнозная средняя стоимость 1 т топлива за весь нормативный срок эксплуатации летательного аппарата, приведенная к текущему моменту времени; $\overline{С_{зп}}$ — сумма заработной платы, индексированная с учетом инфляции и приведенная к текущему моменту времени, разделенная на ресурс самолета в часах; $СВ$ — ставка страховых взносов; $\overline{К_{рас}}$ — средняя величина прогнозных коммерческих расходов на один рейс.

Критерий оценки эксплуатационных расходов — минимум себестоимости рейса на одно кресло

$$\overline{C}_{\text{рейса/кресло}} = \overline{C}_{\text{рейса}} / N;$$

$$\overline{C}_{\text{рейса/кресло}} \rightarrow \min,$$

где N — пассажироместимость самолета.

Следует отметить, что показатель себестоимости рейса будет различным в зависимости от страны — потенциального перевозчика. Таким образом, корректное использование предлагаемого критерия предполагает тщательный анализ входной информации и отсутствие универсальных решений.

Выводы

Полученная величина себестоимости рейса на одно кресло носит вероятностный характер и имеет определенный уровень погрешности, связанный с прогнозными значениями ряда показателей, используемых в модели. Однако точность учета затрат в данном случае будет гораздо выше, чем при использовании статического значения себестоимости летного часа или стоимости тонно-километра и пассажиро-километра.

Библиографический список

1. Саркисян С.А., Старик Д.Э. Экономика авиационной промышленности. — М.: Высшая школа, 1980. — 368 с.
2. Правила ETOPS. Навигация и процедуры при отказе двигателя, назначение и использование запасных аэродромов. URL: <https://drive.google.com/viewerng/viewer?url=http://nwtraining.ru/assets/files/pilot/ETOPS.doc>

3. Глобальный аэронавигационный план на 2013-2028 гг. URL: http://www.icao.int/meetings/a38/documents/ganp_ru.pdf
4. Current market outlook 2014. Randy Tinseth. URL: http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/CMO_2014_Presentation.pdf
5. Price of Crude Oil (West Texas Intermediate). URL: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>
6. Price of Crude Oil (Brent-Europe). URL: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>
7. Price of Jet Fuel (Gulf Coast). URL: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>
8. Тронова Е. Совершенствование конструкции ее удорожает, но с точки зрения эксплуатации процессы удешевляются. URL: <http://www.aviaport.ru/news/2014/08/29/303319.html>
9. Circles: 60 minutes with one engine inoperative. URL: <http://gradient-ua.com/en/ETOPS-en/>

SUBSTANTIATION OF A LONG-DISTANCE AIRCRAFT OPERATING COSTS DYNAMIC ASSESSMENT CRITERION

Opryshko Yu.V.

*Moscow Aviation Institute (National Research University),
MAI, 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, A-80, GSP-3, 125993, Russia
e-mail: opryshko yuliya@mail.ru*

Abstract

The main indicator of an airline carrier competitiveness is air tickets low sale price as long as safety and comfort standards are observed. Accordingly, aircraft manufacturers face an urgent problem of producing an aircraft least-cost in operation. The existing operating costs assessment criteria do not allow for environment versatility, ICAO restrictions, various passenger capacity, and other factors. It leads to unacceptable errors when assessing passenger plane operating costs.

The paper pursues an objective of developing a criterion, considering prime operating costs, ICAO restrictions, various passenger capacity and course speed, as well as environment inconstancy.

According to ETOPS regulations the flights of the planes equipped with two gas-turbine engines must be performed in such a way that in case of the failure of one of the engines the flight duration with one operating engine to an emergency airfield from any flight way point under conditions of zero wind and speed set for the flight with only one operable engine would be 60 minutes for non-ETOPS aircrafts, and up to 270 minutes for Boeing 777.

Thus, the only true criterion, which is able to assess a long-distance passenger plane operating costs objectively, is flight cost value per one passenger.

The cost of one ton of the fuel, labour cost of flight technicians, flight crew together with flight attendants, currency rate, airdrome fees etc. are not constant over the total lifespan of an aircraft. Thus, there is a danger

that the flight cost value indexes would display unacceptable error when comparing aircrafts with differences in performance and economic characteristics.

Thus, to assess operational costs objectively we recommend use dynamic cost value as criterion, which is calculated, not at the current level of fuel and lubrication materials prices, labour costs of flight attendants and flight crew, currency rates and airdrome fees stakes etc., but based on average predicted values over the total lifespan of an aircraft.

The obtained value of dynamic price value of a flight per one seat is of probabilistic nature and has a certain default level associated with predictive values of a certain number of indices. However, the accuracy of cost accounting in this case would be much greater, than when using static cost value of a flight hour, or the cost of either ton-kilometer or passenger-kilometer.

Keywords: operation costs, ICAO, ETOPS, costs of flight per one seat, criterion of compare, long-distance flights regulations by planes with two ETOS, ICAO restrictions, environment versatility.

References

1. Sarkisyan S.A., Starik D.E. *Ekonomika aviatsionnoi promyshlennosti* (Economics of aircraft industry), Moscow, Vysshaya shkola, 1980, 368 p.
2. *Pravila ETOPS. Navigatsiya i protsedury pri otkaze dvigatelya, naznachenie i ispol'zovanie zapasnykh aerodromov*, <https://drive.google.com/viewerng/viewer?url=http://nwtraining.ru/assets/files/pilot/ETOPS.doc>

3. *Global'nyi aeronavigatsionnyi plan na 2013-2028 gg.*, http://www.icao.int/meetings/a38/documents/ganp_ru.pdf
4. Tinseth Randy *Current market outlook 2014*, available at: http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/CMO_2014_Presentation.pdf, 2014
5. *Price of Crude Oil (West Texas Intermediate)*, available at: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>, 2015
6. *Price of Crude Oil (Brent-Europe)*, available at: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>, 2015
7. *Price of Jet Fuel (Gulf Coast)*, available at: <http://www.bga-aeroweb.com/database/Fuel-Energy-CO2.html>, 2015
8. *Sovershenstvovanie konstruksii ee udorozhaet, no s tochki zreniya ekspluatatsii, protsessy udeshevlyayutsya*, <http://www.aviaport.ru/news/2014/08/29/303319.html>
9. *Circles: 60 minutes with one engine inoperative*, available at: <http://gradient-ua.com/en/ETOPS-en/>, 2015