



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 65.02

**ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАВКИ ЛЕТНОГО ЧАСА
АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ДОЛГОСРОЧНЫХ СЕРВИСНЫХ
СОГЛАШЕНИЯХ**

**QUESTIONS OF DETERMINING THE FLIGHT HOUR RATE OF AIRCRAFT
ENGINE IN LONG-TERM SERVICE AGREEMENTS**

Климов Вадим Геннадьевич, канд. тех. наук, руководитель департамента продаж ДБА, АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (109147 Россия, г. Москва, пер. Маяковского, д. 11, www.uecrus.com), тел. +7 (495) 232 55 02 доб. 4320, v.klimov@uecrus.com

Масляков Дмитрий Владимирович, канд. тех. наук, заместитель руководителя департамента продаж ДГиТА, АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (109147 Россия, г. Москва, пер. Маяковского, д. 11, www.uecrus.com), тел. +7 (495) 232 55 02 доб. 4320, d.maslyakov@uecrus.com

Vadim Klimov, candidate of technical sciences, Head of military engines sales, United Engine Corporation JSC (11 Mayakovsky lane, Moscow, 109147 Russia, www.uecrus.com), tel. +7 (495) 232 55 02 доб. 4320, v.klimov@uecrus.com

Dmitry Maslyakov, candidate of technical sciences, Deputy head of commercial engines sales, United Engine Corporation JSC (11 Mayakovsky lane, Moscow, 109147 Russia, www.uecrus.com), tel. +7 (495) 232 55 02 доб. 4320, d.maslyakov@uecrus.com

Аннотация. Долгосрочные сервисные соглашения с оплатой за летный час наработки авиационного двигателя (ESPH-, PBN-договоры) пришли в Россию с западной авиационной техникой на рубеже 1990х-2000х годов. В настоящее время, в силу своих очевидных преимуществ, данные сервисные договоры стали своеобразным стандартом на отечественном рынке в среде коммерческих авиакомпаний. Определение ставки летного часа эксплуатации в ESPH-договорах является специфическим расчетным процессом, который требует освоения определённых методик и применения специального программного обеспечения. В статье рассмотрен расчет одной из наиболее весомой составляющей в ставке ESPH-договора – деталей авиадвигателя с ограниченным сроком службы (LLP). Статья будет интересна учащимся вузов и специалистам, которые профессионально занимаются коммерческой работой в авиапроме, а также экономическими расчетами стоимости жизненного цикла авиационных двигателей.

Abstract. Long-term service agreements with payment for the flight hour of an aircraft engine (ESPH-, PBN-contracts) came to Russia with western aviation equipment at the turn of the 1990s-2000s. At present, due to their obvious advantages, these service contracts have become a kind of standard in the domestic market among commercial airlines. Determination of the flight hour rate in ESPH-contracts is a specific calculation process that requires the development of certain methods and the use of special software. The article considers the calculation of one of the most significant component in the rate of the ESPH-contract – the life limited parts (LLP) of aircraft engine. The article will be of interest to university students and specialists who are professionally engaged in commercial work in the aviation industry, as well as economic calculations of the life cycle cost of aircraft engines.

Ключевые слова: авиационный двигатель; долгосрочный сервисный договор; детали с ограниченным сроком службы; ставка летного часа; остаток ресурса деталей LLP.

Keywords: aircraft engine; long-term service agreement; life limited parts; flight hour rate; stub time.

Долгосрочные сервисные договоры с оплатой за летный час (ESPH- или РВН-договоры) наработки авиационного двигателя пришли в Россию с западной авиационной техникой на рубеже 1990х-2000х годов. До этого времени в советской и российской авиационной промышленности такие сервисные договоры не применялись. В силу своих очевидных преимуществ, данные сервисные договоры стали своеобразным стандартом на отечественном рынке в среде коммерческих авиакомпаний, осуществляющих регулярные и чартерные авиаперевозки. В настоящее время российские авиакомпании предъявляют аналогичные требования к российским поставщикам авиационных двигателей в части перехода на контрактацию по ESPH-договорам. Российским двигателистам требуется как можно скорее освоить данный новый для них подход и необходимые методологии расчета параметров ESPH-договоров. Такая работа ведется в АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» (входит в Государственную корпорацию «Ростех»).

В общем случае, чтобы правильно рассчитать стоимость технического обслуживания и ремонта (ТОиР) авиационного двигателя (здесь будем говорить о турбовентиляторных двигателях, применяемых на ближне- и среднемагистральных пассажирских самолетах типа Ту-214, SSJ-100, E-190/195, A-320, 737 и др.) необходимо учесть все фактические затраты авиакомпании на материалы, запасные части, выполняемые в ремонтном цехе и в эксплуатации работы по ТОиР в течение всего срока сервисного договора. Далее, для определения ставки летного часа ESPH-договора необходимо разделить эти затраты на суммарный налет часов / наработки парка авиадвигателей в течение срока договора. Считаем, что в затраты эксплуатанта уже включена средняя по рынку рентабельность, заложенная производителем авиадвигателя.

На этапе развитого серийного производства и эксплуатации конкретного типа авиадвигателя такие расчеты не представляют сложности. Но что, если авиадвигатель находится на этапе разработки, сертификации, еще не поступил в эксплуатацию? В этом случае фактические данные о затратах на его ТОиР

попросту отсутствуют. И даже если эти затраты спрогнозированы, вариации условий эксплуатации парка (например, изменение плеча полета) могут существенно влиять на стоимость ТОиР и, как следствие, на ставку летного часа. Неправильно рассчитанная ставка несет в себе риски получения финансовых убытков одной из сторон ESPH-договора.

Таким образом, одним из важнейших параметров ESPH-договора является ставка летного часа, которая представляет собой стоимость ТОиР двигателя, отнесенную на 1 час его наработки в эксплуатации. Определение ставки летного часа является расчетным процессом, который требует освоения определённых методик, применения специального программного обеспечения, учета большого количества факторов (в том числе условий эксплуатации парка самолетов и авиадвигателей в конкретной авиакомпании), а также оперирование известными заранее технико-экономическими параметрами конкретного типа авиационного двигателя.

В общем случае, суммарная ставка ESPH-договора включает в себя ряд составляющих, набор которых зависит от потребностей конкретного эксплуатанта:

- /1/ ставка за восстановление характеристик двигателя;
- /2/ ставка на замену деталей с ограниченным сроком службы (LLP);
- /3/ ставка за доступ к пулам запасных двигателей и агрегатов/ПКИ;
- /4/ ставка за ТОиР компонентов мотогондолы (включая реверс);
- /5/ прочее (устранение дефектов эксплуатации и др.).

Одной из наиболее весомых составляющих в суммарной ставке ESPH-договора является ставка на замену деталей авиадвигателя с ограниченным сроком службы (LLP). Если современный авиационный двигатель эксплуатируется по техническому состоянию и его съём в ремонт для восстановления характеристик в общем случае носит вероятностный характер, что существенно усложняет расчет составляющей /1/, то детали LLP имеют фиксированные установленные ресурсы и должны быть заменены в ходе ремонта до достижения определенной наработки в циклах. Разновидностью

деталей LLP (валы, диски и другие детали, износ которых определяется малоцикловой усталостью) являются детали авиационного двигателя, в российской практике именуемые основными деталями.

Ресурсы деталей LLP (или пакета деталей LLP) современных авиационных двигателей гражданского назначения находятся в пределах 15 000 – 25 000 полетных циклов. Например, авиационные двигатели серии V2500-A1/-A5, которые производит компания International Aero Engines и которые применяются на самолетах семейства А-320, имеют следующие технико-экономические параметры [2], [3], [4]:

Таблица 1.

Некоторые технико-экономические параметры двигателей V2500-A1/-A5

Параметр	Ед. изм.	V2500-A1/-A5
Каталожная цена двигателя	доллар (USD)	11 800 000 – 13 100 000
Цена пакета деталей LLP	доллар (USD)	4 800 000
Ресурс деталей LLP	полетный цикл	20 000

При этом для самолетов семейства А-320 характерны следующие среднестатистические условия эксплуатации: ежегодный налет 2 500 – 3 000 летных часов; плечо полета 1,5 летных часа на цикл [2, с.7].

Прямой расчет составляющей ставки /2/ для указанных выше параметров дает следующий результат:

$$R_{LLP} = C_{LLP} / (P_{LLP} \times \Pi) = 4\,800\,000 / (20\,000 \times 1,5) = 160 \text{ USD/л.ч.} \quad (1)$$

где: R_{LLP} – ставка на замену деталей LLP, USD/летный час;

C_{LLP} – цена пакета деталей LLP, USD;

P_{LLP} – установленный ресурс деталей LLP, полетных циклов;

Π – плечо полета, летных часов на 1 полетный цикл.

Однако, данная составляющая ставки в реальном сервисном договоре, заключаемом между авиакомпанией и производителем авиадвигателя, будет

выше, поскольку будет учитывать такой параметр, как Stub time (или Min build). Это среднее время, остающееся до окончания срока службы детали LLP, когда последняя заменяется в ходе цехового ремонта на новую [1, с.15]. То есть, фактически, это недоиспользованный ресурс деталей LLP по причине необходимости оптимизации сроков выполнения ремонтов для восстановления характеристик двигателя с ремонтами по замене деталей LLP. Цель такой оптимизации – проведение обоих видов ремонта в одно время для снижения расходов авиакомпания на съем/установку двигателей с/на крыло самолета (что само по себе может отнимать много производственного времени и генерировать дополнительные расходы), а также для уменьшения потребностей авиакомпании в запасных двигателях для замены основных на время такого съема (запасные двигатели приобретаются по каталожным ценам). В среднем, Stub time составляет 10-25% от установленного ресурса деталей LLP современного авиационного двигателя и отдельно оговаривается сторонами в ESPH-договоре.

Уточненный расчет составляющей ставки /2/ для указанных выше технико-экономических параметров с учетом Stub time 15% (т.е. 3 000 полетных циклов от установленного ресурса пакета деталей LLP в 20 000 полетных циклов) дает следующий результат:

$$R_{LLP} = C_{LLP} / (P_{LLP} \times \Pi) / (1 - ST) =$$

$$= 4\,800\,000 / (20\,000 \times 1,5) / (1 - 0,15) = 188,2 \text{ USD/л.ч.} \quad (2)$$

где: R_{LLP} – ставка на замену деталей LLP, уточненная с учетом параметра Stub time, USD/летный час;

ST – параметр Stub time.

В общем случае, с увеличением параметра Stub time будет увеличиваться составляющая ставки /2/, что с непрофессиональной точки зрения может показаться невыгодным для авиакомпании. Однако, как показывает практика, еще более невыгодным для заказчика является рассогласование плановых ремонтов, выполнение которых необходимо по различным причинам (в нашем случае, по причинам восстановления характеристик двигателя и по замене деталей LLP). В обоснование данного подхода, применимого при планировании

операций ТОиР авиационных двигателей гражданского назначения, приведен рисунок 1.

На рисунке 1 показаны три базовых сценария планирования проведения ремонтов двигателей CF34-10E (производит компания GE; применяются на регионально-магистральных самолетах E-190/195) в зависимости от условий эксплуатации [5, с.28]. Двигатели CF34-10E имеют установленный ресурс пакета деталей LLP 25 000 полетных циклов. Высота столбчатых диаграмм на рисунке 1 условно обозначает сравнительную стоимость выполнения тех или иных видов операций ТОиР. Очевидно, что производитель не рассматривает и не предлагает эксплуатантам проводить замену LLP в рамках отдельного посещения двигателем ремонтного цеха (SV – Shop visit – посещение ремонтного цеха). Для снижения суммарных затрат на ТОиР замена LLP всегда приурочена к проведению капитального ремонта для восстановления характеристик авиационного двигателя. В сценарии 2 интервал замены LLP синхронизирован со вторым посещением ремонтного цеха (SV2), при этом параметр Stub time (ST) достигает значения, близкого к максимальному (5 500 полетных циклов или 22%).

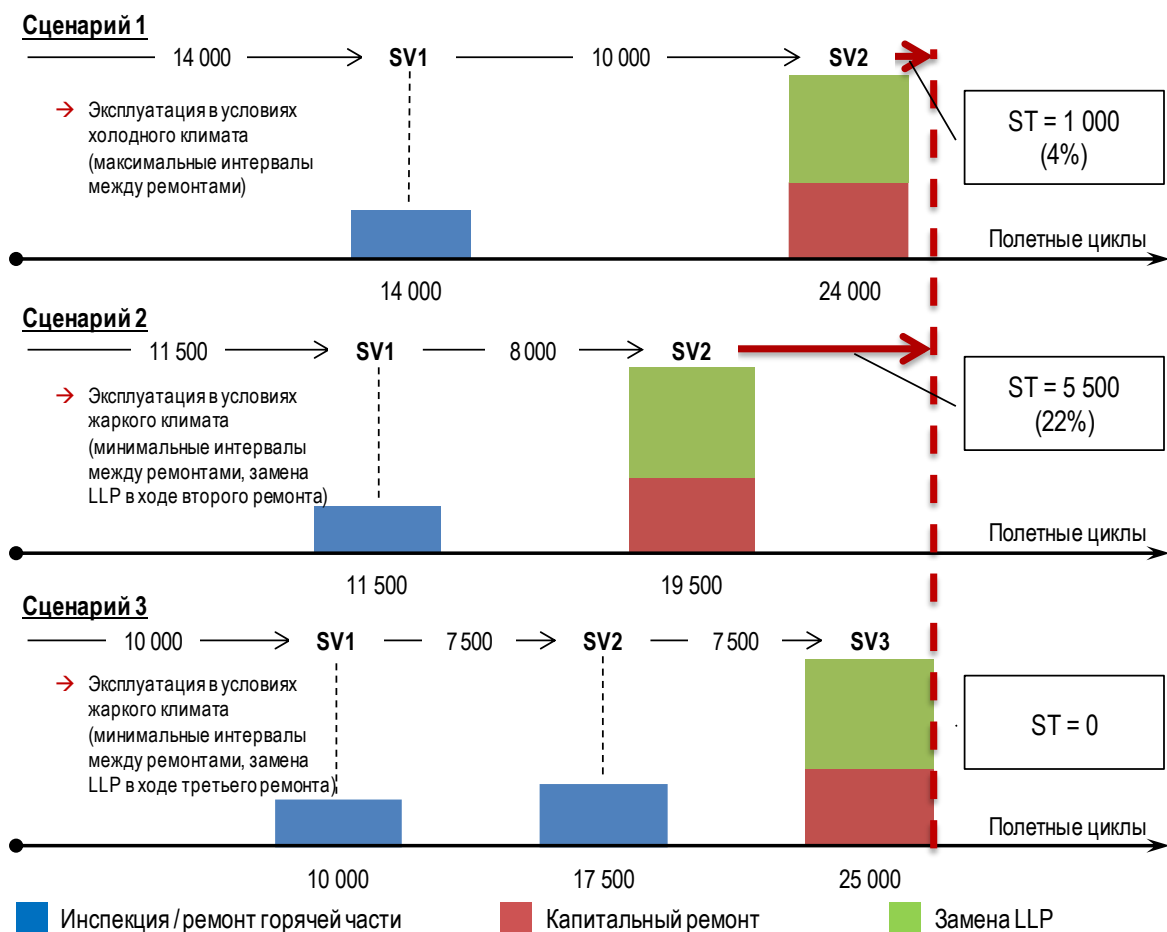


Рисунок 1. Сценарии планирования ремонтов двигателей CF34-10E

Достаточно простые аналитические зависимости, приведенные в данной статье, усложняются, если для конкретного типа авиационного двигателя различные детали в пакете LLP имеют различные установленные ресурсы, либо эти ресурсы находятся в процессе своего увеличения (по специальным программам, реализуемым производителем авиадвигателя), либо замена деталей LLP производится в ходе ремонтов отдельно для «горячей» и «холодной» части или в процессе модульного ремонта авиадвигателя.

В АО «ОДК» разработана модель расчета стоимости летного часа авиационного двигателя, которая учитывает цену поставки серийных двигателей, размер парка авиатехники и график ее ввода в эксплуатацию, а также основные условия эксплуатации. Данная методика позволяет рассчитать ставку летного часа в ESPH-договоре для авиадвигателя, у которого определены или

спрогнозированы (на основе функционально-стоимостного анализа известных аналогов) его ключевые технико-экономические параметры.

Литература

1. Engine maintenance cost specification, version 4.2, 1997.
2. CFM56-5B/-7B & V2500 aftermarket, Aircraft Commerce, Issue No. 131, August/September 2020.
3. Guide to financing and investing in engines 2022, IBA, 2022.
4. International Aero Engines V2500, Aviation Gas Turbine Forecast, June 2021.
5. CF34-8E & -10E maintenance costs, Aircraft Commerce, Issue No. 72, October/November 2010.

References

1. Engine maintenance cost specification, version 4.2, 1997.
2. CFM56-5B/-7B & V2500 aftermarket, Aircraft Commerce, Issue No. 131, August/September 2020.
3. Guide to financing and investing in engines 2022, IBA, 2022.
4. International Aero Engines V2500, Aviation Gas Turbine Forecast, June 2021.
5. CF34-8E & -10E maintenance costs, Aircraft Commerce, Issue No. 72, October/November 2010.

© Климов В.Г., Масляков Д.В., 2022 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №5/2022.

Для цитирования: Климов В.Г., Масляков Д.В. ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАВКИ ЛЕТНОГО ЧАСА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ДОЛГОСРОЧНЫХ СЕРВИСНЫХ СОГЛАШЕНИЯХ // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №5/2022.