

Технология расчета затрат на техническую эксплуатацию ПВН.

Затраты на техническую эксплуатацию являются значимой составной частью общих затрат на сопровождение жизненного цикла ПВН. Величина этих затрат является важной эксплуатационно-технической характеристикой изделия (далее – финального изделия – ФИ), определяющей его конкурентоспособность.

Принято различать следующие составные части эксплуатационных затрат:

- общие затраты на владение (Life Cycle Costs of Ownership),
- прямые операционные затраты (Direct Operating Costs),
- прямые затраты на техническое обслуживание (Direct Maintenance Costs - DMC).

В затраты на владение включаются: затраты на приобретение ФИ, затраты на использование изделия по назначению, затраты на утилизацию и т.д.

Прямые операционные затраты включают в себя все затраты, связанные с использованием ФИ по назначению: приобретение топлива, заработная плата персонала, техническое обслуживание и т.д.

Прямые затраты на техническое обслуживание являются составной частью прямых операционных затрат.

Взаимосвязь перечисленных видов затрат в ходе жизненного цикла изделия (на примере изделий авиационной техники) представлена на рис.1. Для других видов техники структура затрат имеет аналогичный характер, незначительные различия могут касаться отдельных составляющих прямых операционных затрат.

В данной статье рассматривается технология анализа прямых затрат на техническое обслуживание на примере изделий авиационной техники.

Стандарты [1], [2] предписывают проведение анализа логистической поддержки (АЛП) на стадии разработки ФИ. Формируемая в ходе АЛП база данных содержит сведения о конструкции изделия, программу технического обслуживания (ТО) и материально-технического обеспечения (МТО), а также другие данные. На основе этих сведений может быть рассчитана величина прямых затрат на техническое обслуживание (далее - DMC), характеризующая совершенство конструкции ФИ и его системы технической эксплуатации.



Рис. 1 Взаимосвязь видов затрат в ходе жизненного цикла изделия авиационной техники

Прямые затраты на техническое обслуживание включают в себя затраты на плановое и неплановое обслуживание.

Под плановым обслуживанием подразумеваются планово-профилактические работы, выполняемые в соответствии с программой ТО финального изделия, в которой определены условия и периодичность выполнения этих работ, а также содержатся сведения об их трудоемкости, расходуемых запасных частях и материалах.

Под неплановым обслуживанием подразумеваются работы, выполняемые в случае выявления дефектов и возникновения отказов изделия и направленные на их устранение.

Затраты на плановое и неплановое техническое обслуживание, в свою очередь, включают в себя затраты на оплату труда персонала, затраты на МТО, расходы на технологическое оборудование и содержание необходимой инфраструктуры. Затраты на оплату труда персонала рассчитываются на основе трудоемкости выполняемых работ. Затраты на МТО включают в себя затраты на запасные части, расходные материалы и ремонт заменяемых комплектующих изделий. Перечень основных составляющих ДМС приведен в табл. 1.

Табл. 1 Основные составляющие прямых затрат на техническое обслуживание

Виды затрат	Плановое ТО	Неплановое ТО
Затраты на персонал (затраты на труд)		
Оперативное ТО Периодическое ТО Замена изделий с ограниченным ресурсом		
Поиск неисправностей Устранение неисправностей Регулировка и проверка		
Затраты на запасные части Затраты на расходные материалы Ремонт компонентов ФИ		
Затраты на технологическое и специальное оборудование		
Затраты на инфраструктуру		

Затраты на техническое обслуживание ФИ за период эксплуатации T можно описать следующим выражением:

$$DMC(T) = C_{sch}(T) + C_{uns}(T), \quad (1)$$

где

$C_{sch}(T)$ - затраты на плановое техническое обслуживание (ТО) ФИ,

$C_{uns}(T)$ - затраты на неплановое техническое обслуживание ФИ (поиск и устранение отказов).

Затраты на плановое техническое обслуживание включают в себя:

$$C_{sch}(T) = C_{sch}^{labor}(T) + C_{llp}^{labor}(T) + C_{llp}^{parts}(T) + C_{sch}^{equip}(T), \quad (2)$$

где:

$C_{sch}^{labor}(T)$ - затраты на оплату труда технического персонала при проведении планового ТО;

$C_{llp}^{labor}(T)$ - затраты на оплату труда технического персонала при проведении плановых замен комплектующих изделий, выработавших назначенный ресурс;

$C_{llp}^{parts}(T)$ - затраты на запасные части для плановых замен;

$C_{sch}^{equip}(T)$ - затраты на технологическое оборудование и инфраструктуру, необходимые для планового обслуживания.

Затраты на неплановое техническое обслуживание включают в себя:

$$C_{uns}(T) = C_{uns}^{labor}(T) + C_{uns}^{parts}(T) + C_{uns}^{equip}(T) \quad (3)$$

где:

$C_{uns}^{labor}(T)$ - затраты на оплату труда технического персонала при проведении работ по поиску и устранению неисправностей;

$C_{uns}^{parts}(T)$ - затраты на запасные части, необходимые для устранения неисправностей.

$C_{uns}^{equip}(T)$ - затраты на технологическое оборудование и инфраструктуру, необходимые для непланового обслуживания.

В основе расчета лежит оценка количества выполнений различных видов обслуживания за период времени T , на основе которой вычисляется суммарная трудоемкость и, соответственно, стоимость работ¹.

Суммарные затраты на оплату труда технического персонала при проведении планового ТО в течение T лет при наработке (налете) FH в год и уровне инфляции D рассчитываются по формуле²:

$$C_{sch}^{labor}(T) = \sum_{k=1}^T \left(\sum_{i=1}^P \left[\frac{k \times FH}{TP_i} \right] - \left[\frac{(k-1) \times FH}{TP_i} \right] \right) F_i (1+D)^{k-1} \quad (4)$$

где

$F_i = MHR \sum_{j=1}^{NT_i} MHT_{ij}$ - затраты на выполнение i -го вида периодического обслуживания

D прогнозируемый средний годовой уровень инфляции на период расчета;

MHR стоимость одного нормочаса работ технического персонала в текущих ценах;

FH среднегодовая наработка ФИ, выраженная в часах или циклах.

При этом для расчета используются полученные в ходе АЛП и хранимые в БД АЛП сведения:

P количество видов периодического ТО;

TP_i периодичность i -ого вида обслуживания ($i=1..P$), выраженная в единицах наработки;

NT_i количество работ в i -м виде обслуживания ($i=1..P$);

¹ Для учета инфляции необходимо рассчитать общую трудоемкость и стоимость работ для каждого года эксплуатации в течение анализируемого периода, а затем просуммировать полученные результаты

² В приведенных здесь и далее выражениях квадратные скобки обозначают целую часть от деления

MHT_{ij} трудоемкость j -ой работы в i -м виде обслуживания ($i=1..P, j=1..NT_i$), выраженная в человеко-часах.

Суммарные затраты на оплату труда технического персонала при проведении работ по плановой замене комплектующих изделий в течение T лет при налете FH в год и уровне инфляции D рассчитываются по формуле:

$$C_{llp}^{labor}(T) = \sum_{i=1}^T \left(\sum_{j=1}^Q \left[\frac{i \times FH}{L_j} \right] - \left[\frac{(i-1) \times FH}{L_j} \right] \right) q_j MHL_j MHR (1+D)^{i-1} \quad (5)$$

Аналогичным образом рассчитываются затраты на запасные части для замены комплектующих изделий, выработавших назначенный ресурс:

$$C_{llp}^{parts}(T) = \sum_{i=1}^T \left(\sum_{j=1}^Q \left[\frac{i \times FH}{L_j} \right] - \left[\frac{(i-1) \times FH}{L_j} \right] \right) q_j C_j R_j (1+D)^{i-1} \quad (6)$$

Для расчета используются следующие сведения из БД АЛП:

- Q количество типов изделий с ограниченным ресурсом в составе ВС;
- L_j назначенный ресурс изделий j -го типа ($j=1..Q$), выраженный в единицах наработки;
- q_j количество изделий j -го типа в составе ФИ ($j=1..Q$);
- MHL_j трудоемкость замены j -го типа комплектующего изделия ($j=1..Q$), выраженная в человеко-часах;
- C_j стоимость одного изделия j -го типа ($j=1..Q$);
- R_j показатель восстанавливаемости изделия j -го типа ($j=1..Q$), принимающий значения:
 $R_j = 1$, если после выработки ресурса изделие бракуется, списывается и утилизируется;
 $R_j = C_j^r / C_j$, если после выработки ресурса изделие технически возможно и экономически целесообразно восстановить капитальным ремонтом, затраты на который составляют C_j^r .

Расчет затрат на unplanned замены комплектующих изделий выполняется по методике [3].

Тогда величина затрат на приобретение (ремонт) комплектующих изделий, необходимых для устранения возникающих отказов в течение T лет при налете FH в год и уровне инфляции D , рассчитывается формуле:

$$C_{uns}^{parts}(T) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^M (A_{\Phi И \text{ непл } j} C_j R_j) (1+D)^{i-1} \quad (7)$$

где $(A_{\text{ФИ}}^{\text{нелл}})_j$ - общая потребность в запасных частях j -го типа для непланового обслуживания.

Аналогичным образом рассчитываются затраты на оплату труда технического персонала при выполнении непланового ТО:

$$C_{\text{uns}}^{\text{labor}}(T) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^M (\lambda_j \cdot FH \cdot m_j \cdot MHF_j \cdot MHR) (1 + D)^{i-1} \quad (8)$$

где

M	количество типов изделий в составе ФИ
λ_j	интенсивность отказов изделий j -го типа ($j=1..M$),
m_j	количество изделий j -го типа в составе ВС ($j=1..M$),
MHF_j	трудоемкость замены изделия j -го типа ($j=1..M$), выраженная в человеко-часах,
C_j	стоимость одного изделия j -го типа ($j=1..M$),
R_j	показатель восстанавливаемости изделия j -го типа ($j=1..M$).

Как следует из изложенного, методика расчета ДМС мало зависит от вида ФИ и может быть использована для различных видов наукоемкой продукции, в т.ч. ПВН.

Как уже отмечалось выше, прямые затраты на техническое обслуживание являются важнейшей эксплуатационно-технической характеристикой ФИ. Расчет может выполняться как на этапе проектирования ФИ, так и в ходе его эксплуатации. Анализ ДМС в ходе проектирования обычно преследует следующие цели:

- сравнение полученных результатов с изделиями-аналогами для оценки конкурентоспособности проектируемого образца,
- анализ в процессе проектирования структуры затрат и разработка мероприятий по их снижению.

На этапе эксплуатации расчет ДМС, как правило, выполняется с целью:

- определения экономически целесообразной цены контрактов на комплексное сервисное обслуживание поставляемой техники;
- определение уровня гарантий, предоставляемых покупателю техники, а также расчет себестоимости работ по обслуживанию на гарантийный период.

Расчеты ДМС с использованием описанных выше методик и анализ полученных результатов удобно проводить с использованием специальных программных средств, позволяющих не только автоматизировать расчеты, но и формировать на основе БД АЛП типовые отчеты и иллюстрации, такие как:

1. график роста суммарных затрат на техническое обслуживание в течение заданного периода эксплуатации;
2. график роста суммарных затрат по отдельным компонентам ФИ;
3. диаграмма распределения затрат по системам и агрегатам ФИ;
4. диаграмма распределения затрат по видам технического обслуживания.

Рассмотрим несколько модельных примеров проведения анализа ДМС на этапе проектирования и эксплуатации (при проведении модернизации базовой конструкции).

Пример 1

Рассмотрим следующий сценарий: авиакомпания приобретает партию вертолетов для выполнения регулярных коммерческих (грузовых) перевозок. Очевидно, что при равномерной загрузке парка, суммарная выручка от такой коммерческой деятельности будет с течением времени расти приблизительно линейно (с поправкой на инфляцию).

Выполнив необходимые расчеты и добавив к полученным результатам прочие затраты (топливо, аэропортовые сборы и т.п.), можно построить график роста суммарных затрат на эксплуатацию и сравнить его с аналогичным графиком роста суммарной выручки авиакомпании. Пример такого графика приведен на рис. 2, где пунктирной линией отображен рост суммарной выручки авиакомпании (с поправкой на инфляцию), а сплошной линией - рост суммарных затрат на эксплуатацию.

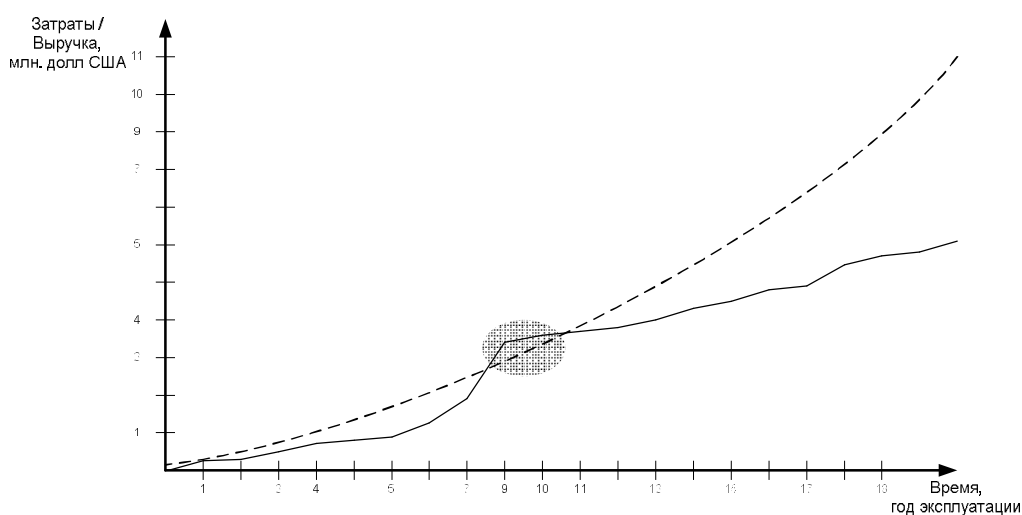


Рис 2. График затрат на эксплуатацию

Как видно из графика, коммерческая эксплуатация парка вертолетов в течение заданного периода оказывается экономически выгодной (в конце эксплуатации пунктирная линия существенно выше сплошной), несмотря на то, что с 9-го по 11-ый год

эксплуатации авиакомпания, фактически, оказывается в убытке по причине очень резкого роста затрат в 9-ый год эксплуатации.

Для анализа причин такого резкого роста эксплуатационных расходов требуется построить аналогичные графики по отдельным статьям затрат в соответствии с формулами (4...8). В данном примере предположим, что рост затрат обусловлен одновременной выработкой назначенного ресурса нескольких дорогостоящих компонентов, которая совпала с выполнением трудоемких видов обслуживания.

Таким образом, проведя подобный анализ, конструкторское бюро еще на этапе проектирования может внести изменения в конструкцию ФИ или изменить систему технической эксплуатации для обеспечения более ритмичного роста затрат в ходе эксплуатации.

Пример 2

Предположим, что выполненный на этапе проектирования расчет ДМС показал, что результат превысил допустимое значение, по сравнению с изделиями-аналогами.

Для выявления причин был сформирован отчет о распределении затрат по компонентам, который, в свою очередь, показал, что максимальный вклад в суммарные затраты вносят неплановые (связанные с устранением отказов) замены агрегатов.

Для уточнения перечня агрегатов, вносящих наибольший вклад в данную статью затрат, была сформирована диаграмма распределения затрат по самолетным системам. Пример такого отчета приведен на рис.3:

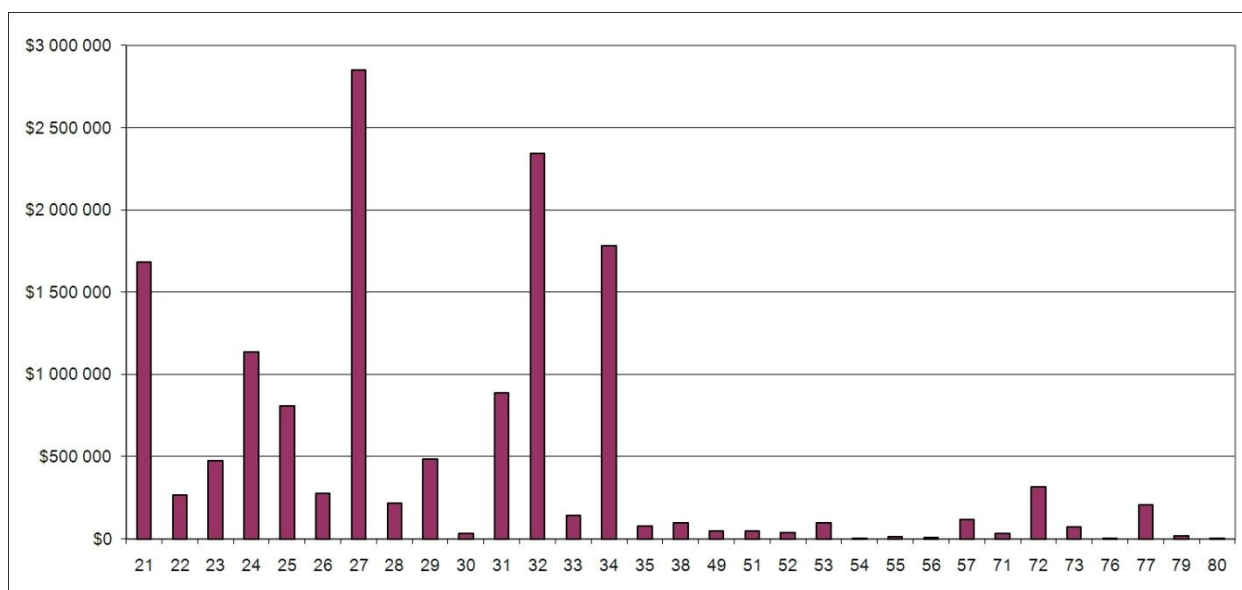


Рис 3. Диаграмма распределения затрат по функциональным системам самолета (номера функциональных систем соответствуют ГОСТ 18675 [4])

Как видно из диаграммы, наибольший по стоимости вклад в затраты на замену отказавших блоков вносят агрегаты «Системы управления самолетом» (система 27).

Предположим, что в силу невозможности смены поставщика или повышения надежности агрегатов этой системы, между компанией - поставщиком самолета, поставщиком комплектующих изделий и авиакомпанией было заключено соглашение о переводе данных блоков на абонентское обслуживание, предполагающее, что:

1. авиакомпания производит фиксированные отчисления с каждого летного часа;
2. поставщик обязуется производить собственными силами оперативный ремонт или замену отказавших блоков в течение 24 часов;

Размер величины таких отчислений, экономически целесообразный для всех сторон, может быть обоснованно рассчитан с использованием настоящей методики.

Пример 3

При проведении работ по модернизации вертолета в расчетах была учтена накопленная статистика по базовой модели (полученная от служб конструкторского бюро и эксплуатирующих организаций). Расчеты показали, что затраты, связанные с выполнением периодического обслуживания, у базового вертолета оказались хуже, чем у изделий-аналогов.

Для анализа причин высоких эксплуатационных расходов была сформирована диаграмма распределения затрат (и, соответственно, трудоемкости) на выполнение планового ТО по видам обслуживания. Пример такой диаграммы приведен на рис. 4:

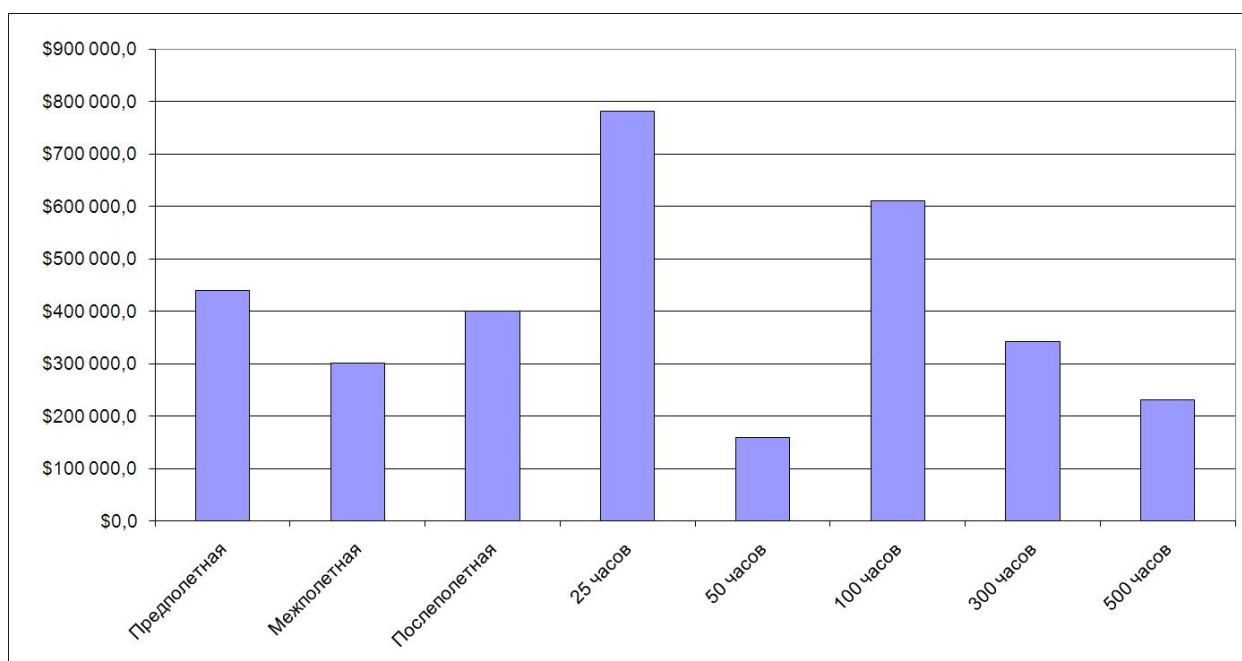


Рис 4. Диаграмма распределения затрат по видам ТО

Анализ этой диаграммы показывает, что наибольший вклад в трудоемкость планового ТО вносят работы с периодичностью выполнения 25 летных часов. Предположим, что в результате анализа выяснилось, что наибольший вклад в затраты вносят работы по смазке, имеющие значительную трудоемкость. Для снижения затрат по этой статье были приняты следующие решения:

- в состав средств наземного обслуживания были включены современные смазочные пистолеты, позволяющие выполнять работы по смазке одному технику в кратчайшее время;
- в некоторых изделиях, не влияющих на летную годность, были применены т.н. «несмазываемые» подшипники, что позволило сократить объем технического обслуживания.

Таким образом, по результатам анализа DMC были снижены расходы на плановое ТО.

Приведенные примеры убедительно показывают, что анализ затрат на техническое обслуживание, выполняемый на основе базы данных АЛП, позволяет эффективно решать важные практические задачи, нацеленные на обеспечение конкурентоспособности сложной наукоемкой продукции.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53392 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения..
2. ГОСТ 53394-2009 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
3. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006. – 232 с., 2006..
4. ГОСТ 18785-2012 Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее.