

## Расчет показателей ЭТХ и затрат на ТО ВС





# Расчет показателей ЭТХ и затрат на ТО ВС

## Методические материалы

---

**Прикладная логистика**  
АНО НИЦ CALS-технологий  
Москва, ГСП-1, 5-й Донской проезд, дом 15  
Адрес в интернет: <http://www.cals.ru>  
Телефон/факс: +7 (495) 955 5137

<b>1. ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>2. РАСЧЕТ ПРЯМЫХ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ .....</b>	<b>7</b>
2.1. Расчет затрат на персонал.....	10
2.2. Расчет затрат на расходные материалы.....	12
2.3. Затраты на наземное оборудование и инструмент .....	14
2.3.1. Затраты на стандартное наземное оборудование и инструмент .....	14
2.3.2. Затраты на специальное наземное оборудование и инструмент .....	16
2.4. Затраты на запасные части.....	17
2.4.1. Затраты на приобретение и хранение начального запаса запчастей.....	19
2.4.2. Затраты на поддержание текущего запаса запчастей.....	19
2.4.3. Суммарные затраты на запчасти .....	20
2.5. Затраты на инфраструктуру .....	21
<b>3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭТХ.....</b>	<b>24</b>
3.1. Общие указания по расчету .....	24
3.1.1. Расчет затрат на регламентированное ТО .....	24
3.1.2. Затраты на плановые замены и неплановое ТО .....	25
3.1.3. Расчет затрат на выполнение задач обслуживания .....	39
3.2. Расчет показателей ЭТХ.....	45
3.2.1. Основные показатели .....	45
3.2.2. Показатели затрат .....	48
3.2.3. Показатели трудоемкости ТО .....	53
3.2.4. Показатели продолжительности ТО .....	54
<b>4. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА В LSS .....</b>	<b>66</b>
4.1. Подготовка данных для расчета .....	66
4.1.1. Настройка параметров сценария использования .....	66
4.1.2. Исходные данные.....	66
4.1.3. Ввод требуемых показателей.....	69
4.1.4. Завершение редактирование систем .....	70
4.2. Выполнение расчета.....	70

## Сокращения, обозначения и определения

### Сокращения

Сокращение	Значение
АВПКО	Анализ видов, последствий и критичности отказов.
ВС	Воздушное судно.
ЛСИ	Логистическая структура изделия.
ЛСИ-система	Группа элементов ЛСИ, объединенных по функциональному признаку, и входящая в состав ФИ как отдельная система.
ТЗ	Техническое задание.
ТО	Техническое обслуживание.
ТЭР	Метод технической эксплуатации по ресурсу.
ФИ	Финальное изделие
ЭТХ	Эксплуатационно-технические характеристики

### Обозначения

Обозначение	Значение
$n$	Количество ЛСИ-систем, входящих в ФИ
$i$	Порядковый номер ЛСИ-системы.
$T_{\Sigma}$	Суммарный налет ФИ за расчетный период.
$T_c$	Средний налет на отказ и повреждение ФИ.
$T_{ci}$	Средний налет на отказ и повреждение ЛСИ-системы.
$\lambda_i$	Интенсивность отказов.
$K_{зв}$	Коэффициент готовности к вылету ФИ.
$K_{mn}$	Коэффициент планируемого применения.
$K_{mg}$	Коэффициент готовности ФИ.
$S_{\Pi}$	Затраты на регламентированное обслуживание.

## Сокращения

Обозначение	Значение
$S_{Tn}$	Затраты на периодическое обслуживание.
$S_{Top}$	Затраты на оперативное обслуживание.
$S_{T\phi}$	Затраты на внеплановое обслуживание.
$S_{з.ч}$	Стоимость запасных частей.
$S_p$	Затраты на выполнение работ.
$t_{TO}$	Продолжительность регламентированного технического обслуживания.
$K_{пТО}$	Удельная продолжительность ТО.
$t$	Средняя продолжительность планового ТО.
$T$	Суммарная трудоемкость типа планового ТО.
$T$	Суммарная трудоемкость непланового ТО.
$K_{ТО}$	Удельная суммарная трудоемкость ТО.
$S_{ТО}$	Суммарные затраты на ТО.
$K_{СТО}$	Удельные суммарные затраты на ТО.

## Определения

*Плановое техническое обслуживание* включает в себя регламентированное техническое обслуживание и работы по замене компонентов с ограниченным ресурсом (плановые замены).

*Регламентированное техническое обслуживание* – это техническое обслуживание ВС, проводимое в соответствии с установленным регламентом.

Регламентированное техническое обслуживание подразделяется на *оперативное* и *периодическое*, выполняется в соответствии с формами обслуживания, которые содержат определенные работы.



Форма регламентированного ТО – процедура обслуживания. Работы, выполняемые по форме ТО, – задачи обслуживания, ссылки на которые содержит процедура.

*Плановые замены.* Под плановыми заменами в рамках данной методики подразумеваются замены ПКИ, эксплуатируемых по ресурсу, и замена которых осуществляется по выработке назначенного или межремонтного ресурса. Плановые замены не входят в состав регламентированного ТО.

*Неплановое ТО (неплановые замены)* – это работы по замене отказавших изделий. Поскольку такие работы носят случайный характер, то все расчеты затрат на неплановое ТО основаны на вероятностной оценке, согласно характеристикам надежности заменяемых изделий.

# 1. Введение

---

В данном документе рассматривается расчет показателей ЭТХ и прямых затрат на ТО на этапе проектирования ВС с использованием программного продукта LSA Suite.

Документ состоит из следующих частей:

- Методика расчета затрат на техническое обслуживание.
- Методика расчета показателей ЭТХ.
- Пример выполнения расчета в LSA Suite.

## 2. Расчет прямых затрат на техническое обслуживание

---

Стоимость жизненного цикла (СЖЦ) изделия является важнейшим показателем, характеризующим конкурентоспособность и поддерживаемость изделия. Все процессы и процедуры ИЛП направлены на минимизацию этой стоимости.

СЖЦ изделия включает в себя полные затраты на владение изделием. При рассмотрении вопроса о приобретении нового изделия или о совершенствовании ИЛП изделия, находящегося в эксплуатации, расчет СЖЦ помогает принять решение, которое принесет наибольшую экономическую выгоду.

Любое изменение или усовершенствование изделия или существующего процесса ИЛП также должно быть оценено с точки зрения СЖЦ для определения экономической целесообразности и обоснования необходимости этого изменения или усовершенствования. Сравнение СЖЦ при существующих и при измененных условиях позволяет оценить срок окупаемости затрат за счет общего снижения стоимости и отклонить те изменения, которые не дают существенных преимуществ по СЖЦ.

Результат расчета зависит от принятых допущений или используемого критерия оценки СЖЦ.

СЖЦ изделия фактически представляет собой калькуляцию затрат на приобретение и техническую эксплуатацию изделия, включая затраты на ТО. В данной методике рассматриваются только затраты на техническое обслуживание.

Расчет затрат на техническое обслуживание выполняется по следующим статьям расхода:

1. Затраты на персонал.
2. Затраты на расходные материалы.
3. Затраты на запасные части.
4. Затраты на наземное оборудование, в том числе:
  - 4.1. Затраты на специальное наземное оборудование.
  - 4.2. Затраты на стандартное наземное оборудование.
5. Затраты на инфраструктуру.

Расчет затрат на техническое обслуживание (ТО) удобно выполнять для отдельных систем самолета с последующим суммированием результатов по всем системам. Вычисляются следующие показатели, позволяющие оценить:

---

## Расчет прямых затрат на ТО

---

- затраты на техническое обслуживание системы одного самолета за один год;
- затраты на техническое обслуживание системы одного самолета за расчетный период;
- затраты на техническое обслуживание системы за расчетный период по парку самолетов;
- удельные затраты на техническое обслуживание системы на единицу наработки системы.

В этом документе рассмотрим методику расчета затрат на техническую эксплуатацию системы. Данная методика предусматривает расчет показателей, необходимых для:

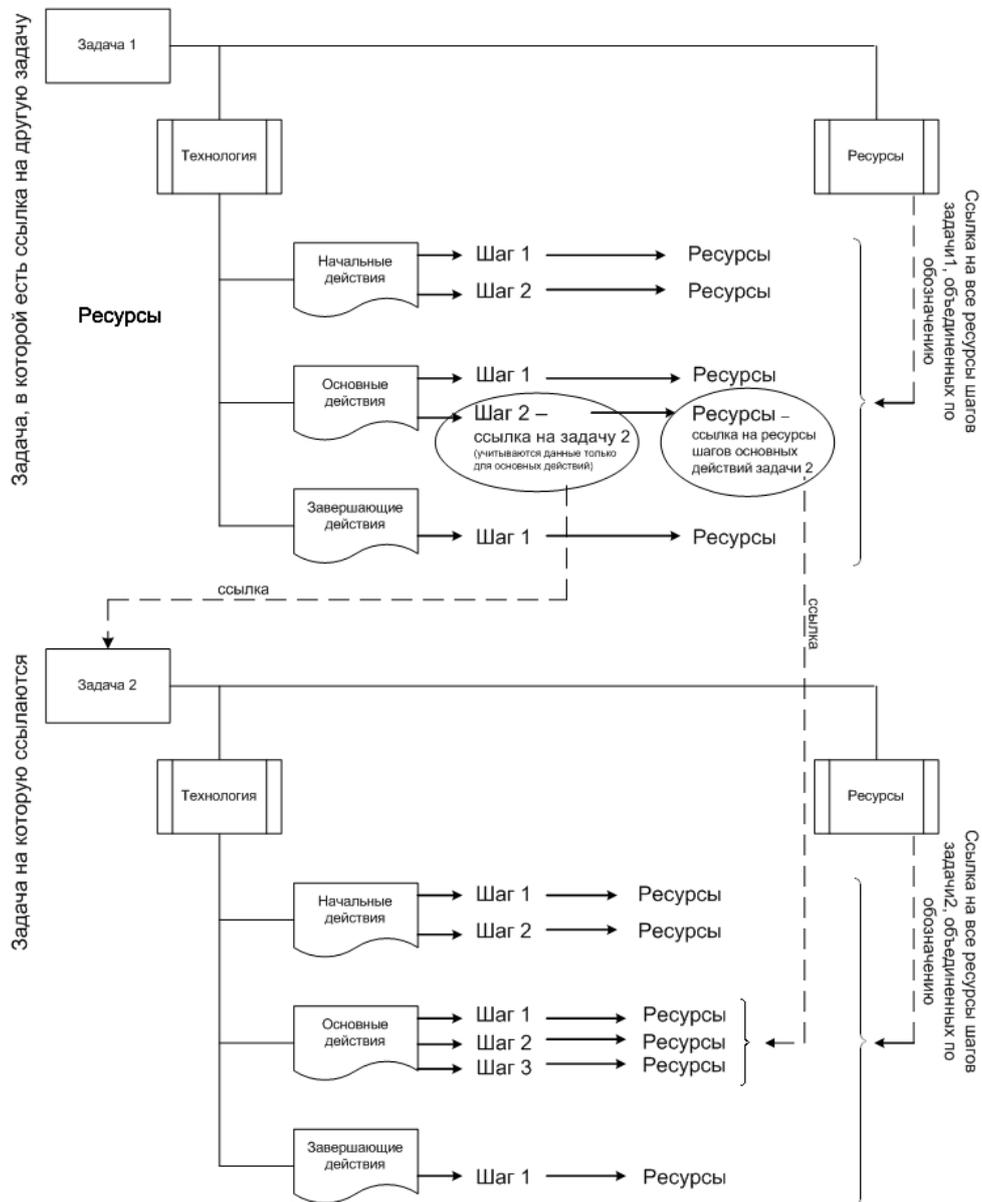
- последующего расчета затрат на техническую эксплуатацию самолета;
- локальной оценки суммарных и удельных показателей затрат по конкретной системе.

Предполагается, что ТЭ системы учитывает регламентные работы, замены агрегатов (плановые, по выработке ресурса), устранение неисправностей, которые описываются как задачи и процедуры обслуживания. Исходными данными для расчета являются сведения обо всех видах ресурсов, необходимых для выполнения задач обслуживания.

При расчете приняты следующие допущения:

- Цены на материальные ресурсы и ставки заработной платы персонала на расчетный период предполагаются неизменными.
- Если шаг одной из задач обслуживания (задача 1) является ссылкой на другую задачу обслуживания (задача 2), при расчете ресурсов, необходимых для выполнения задачи 1, учитываются ресурсы для выполнения основных действий задачи 2.

Взаимодействие задачи-ссылки и задачи, в которой шаг является ссылкой на задачу при подсчете ресурсов по задачам



1. Если шаг является ссылкой на задачу, то для этого шага при подсчете ресурсов время выполнения и ресурсы являются ссылкой на время выполнения и ресурсы основных действий задачи, на которую ссылается шаг.
2. В вычислениях ресурсы основных действий задачи-ссылки участвуют точно также как собственные ресурсы. Данное правило распространяется на всю глубину вложенности задач.

Рис. 2-1. Взаимодействие задач обслуживания

## 2.1. Расчет затрат на персонал

В рамках этой статьи рассчитываются следующие показатели:

- Для последующей оценки затрат на техническую эксплуатацию самолета:
  - Затраты на персонал, необходимый для обслуживания системы одного самолета в год,  $S_{н.г.с.}$ .
- Для локальной оценки показателей системы:
  - Суммарные затраты на персонал, необходимый для обслуживания системы для парка самолетов за расчетный период,  $S_{тго}$ .
  - Суммарные затраты на персонал  $i$ -й специальности для парка самолетов за расчетный период,  $S_{тгi}$ .
  - Суммарные затраты на персонал, необходимый для обслуживания системы одного самолета за расчетный период,  $S_{тг1}$ .
  - Удельные затраты на персонал, необходимый для обслуживания системы,  $S_{тг.уд.}$ .

Для последующих расчетов нужно вычислить трудозатраты  $T_{iG}$  (ч-час) по каждой специальности на обслуживание системы одного самолета в год:

$$T_{iG} = \frac{\sum_{k=1}^K (T_{ik} \cdot G_k)}{60}, \quad (1)$$

где:

$K$  – количество задач обслуживания системы;

$G_k$  – количество выполнений  $k$ -й задачи в год (шт);



Количество выполнений задачи в год рассчитывается на основе данных об условиях выполнения задачи, а именно интенсивности отказов, в случае возникновения которых выполняется задача, периодичности выполнения работ в рамках процедур обслуживания, заданной периодичности выполнения или периодичности выполнения связанной работы MSG-3. Рассчитанное значение отображается в окне **Задача обслуживания** на вкладке **Условия выполнения**. Особенности расчета количества выполнений задач обслуживания по плановым (для компонентов с ограниченным ресурсом) и неплановым (при устранении случайных отказов) заменам компонентов рассматриваются в разделе 3.1.2.

---

$T_{ik}$  – занятость  $i$ -ой специальности в  $k$ -ой задаче (ч-мин), которая рассчитывается как сумма занятостей исполнителей  $i$ -ой специальности, требуемых для выполнения  $k$ -ой задачи, по следующей формуле:

---

$$T_{ik} = \sum_{r=1}^{R_k} (t_{ik})_r, \quad (2)$$

где:

$(t_{ik})_r$  – занятость  $r$ -ого исполнителя  $i$ -ой специальности при выполнении  $k$ -ой задачи обслуживания;

$R_k$  – количество исполнителей  $i$ -ой специальности, требуемых для выполнения  $k$ -й задачи ( $r = 1 \dots R_k^i$ );

$i$  – номер специальности ( $i = 1 \dots I$ ), для которой рассчитываются трудозатраты.

При расчете трудозатрат каждой специальности нужно учитывать также исполнителей, требуемых для выполнения подзадач, на которые ссылаются шаги задачи обслуживания. Все подобные ссылки должны рассматриваться на всю глубину вложенности.

Затраты на персонал, требуемый для обслуживания системы одного самолета в год, определяются по формуле:

$$S_{н.г.с} = \sum_{i=1}^M T_{iG} \cdot s_i, \quad (3)$$

где:

$T_{iG}$  – трудозатраты  $i$ -й специальности, необходимые для обслуживания системы самолета в год, рассчитываемые по формуле (2);

$M$  – количество специальностей персонала, необходимого для выполнения задач обслуживания системы самолета;

$s_i$  – стоимость нормо-часа специалиста  $i$ -й специальности (руб./ч-час).



Стоимость нормочаса задается для специальности в справочнике «Специальности и квалификации».

Суммарные затраты на персонал  $i$ -й специальности на весь расчетный период для всего парка ФИ:

$$S_{т.р.с} = \sum_{i=1}^M T_{iG} \cdot s_i \cdot N \cdot Kol, \quad (4)$$

где:

$N$  – количество ФИ, для которых выполняется расчет.

$Kol$  – количество лет, на которое рассчитываются затраты.



Количество ФИ, для которых выполняется расчет, задается при описании сценария использования в поле **Количество ФИ, эксплуатируемых по сценарию**.

Количество лет, на которое рассчитываются затраты, задается при описании сценария использования (группа полей **Период расчета параметров МТО и ДМС**).

---

Расчет суммарных затрат на персонал на весь заданный расчетный период по всем специальностям:

$$S_{tro} = \sum_{i=1}^M S_{tri} \quad (5)$$

Расчет суммарных затрат на персонал для 1 самолета:

$$S_{tr1} = \frac{S_{tr0}}{N} \quad (6)$$

Удельные затраты на персонал:

$$S_{tr.уд.} = \frac{S_{tr1}}{t_{год} \cdot Kol}, \quad (7)$$

где

$t_{год}$  – средняя наработка системы в год.

## 2.2. Расчет затрат на расходные материалы

В рамках данной статьи расходов рассчитываются следующие показатели:

- Для последующей оценки затрат на техническую эксплуатацию самолета:
    - Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы одного самолета за один год,  $S_{м.г.с.}$ .
  - Для локальной оценки показателей системы:
    - Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы за расчетный период, по парку самолетов,  $S_{Rmo}$ .
    - Суммарные затраты на расходные материалы j-го типа, необходимые для обслуживания системы за расчетный период, по парку самолетов,  $S_{Rmj}$ .
    - Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для ТЭ системы одного самолета за расчетный период,  $S_{Rm1}$ .
    - Удельные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы,  $S_{Rm.уд.}$ .
-

Для расчета вышеперечисленных показателей нужно вычислить количество  $j$ -го вида расходного материала, необходимого для выполнения всех работ в год на одной системе одного самолета, которое определяется по формуле:

$$Rm_{jG} = \sum_{k=1}^K Rm_{jk} \cdot G_k, \quad (8)$$

где:

$Rm_{jk}$  – количество  $j$ -го расходного материала, необходимое для одного выполнения  $k$ -той задачи. При подсчете расходных материалов также нужно учитывать расходные материалы из подзадач, на которые ссылаются задачи обслуживания;

$G_k$  – среднее количество выполнений  $k$ -ой задачи в год;

$j$  – вид расходного материала ( $j = 1 \dots J$ ).

Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы одного самолета за один год, вычисляются по формуле:

$$S_{\text{м.г.с.}} = \sum_{j=1}^J Rm_{jG} \cdot s_j, \quad (9)$$

где:

$Rm_{jG}$  – количество  $j$ -го вида расходного материала, необходимого для выполнения всех задач в год на системе одного самолета, определяемое по формуле (8);

$s_j$  – стоимость одной единицы  $j$ -го вида расходного материала;

$J$  – количество видов расходных материалов.

Суммарные затраты на  $j$ -ый расходный материал на весь расчетный период и парк самолетов:

$$S_{Rmj} = Rm_{jG} \cdot s_j \cdot N \cdot Kol \quad (10)$$

Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы за расчетный период, по парку самолетов:

$$S_{Rmo} = \sum_{j=1}^J S_{Rmj} \quad (11)$$

Суммарные затраты на материалы для одного самолета:

$$S_{Rm1} = \frac{S_{Rmo}}{N} \quad (12)$$

Удельные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы:

$$S_{Rm.уд.} = \frac{S_{Rml}}{t_{год} \cdot Kol}, \quad (13)$$

где:

$t_{год}$  – средняя наработка системы в год.

## 2.3. Затраты на наземное оборудование и инструмент

Затраты на наземное оборудование и инструмент складываются из затрат на специальное наземное оборудование и инструмент и затрат на стандартное наземное оборудование и инструмент. Алгоритмы расчета этих затрат довольно сильно различаются. Специальное оборудование рассматривается как оборудование, разработанное специально для самолета анализируемого типа и поставляемое вместе с ним. Стандартное оборудование (или оборудование общего применения) не поставляется вместе с самолетом, может закупаться у разных поставщиков и использоваться для разных типов самолетов, имеющих у эксплуатанта. Таким образом, затраты на специальное оборудование полностью входят в затраты на эксплуатацию поставляемого парка самолетов, а затраты на стандартное оборудование – только частично (пропорционально времени использования оборудования). Такая же логика применяется для инструмента.

### 2.3.1. Затраты на стандартное наземное оборудование и инструмент

В рамках данной статьи для каждой системы самолета рассчитываются следующие показатели (далее, для краткости – оборудование):

- Для последующей оценки затрат на техническую эксплуатацию:
  - Время использования изделия  $f$  в год на один самолет,  $ET_{fG}$ .
  - Суммарные затраты на стандартное оборудование, приходящиеся на один самолет в течение одного года,  $Sst_{г.с}$ .
- Для локальной оценки показателей системы:
  - Суммарные затраты на оборудование для обслуживания системы на весь расчетный период и парк самолетов,  $Sst_0$ .
  - Суммарные затраты на оборудование  $f$ -го типа,  $Sst_f$ .
  - Удельные затраты на оборудование,  $Sst_{уд}$ .

Затраты на стандартное оборудование пропорциональны времени его использования.

Время использования изделия  $f$  в год, час:

$$ET_{fG} = \sum_{k=1}^K T_k \cdot G_k \cdot n_{fk}, \quad (14)$$

где:

$T_k$  – полное время выполнения  $k$ -й задачи, в которой используется оборудование  $f$ ;

$n_{fk}$  – количество  $f$ -го оборудования на  $k$ -ую задачу;

$G_k$  – среднее количество выполнений  $k$ -ой задачи в год;



Количество выполнений задачи в год отображается в окне **Задача обслуживания** на вкладке **Условия выполнения**.

$k$  – номер задачи, в которой используется оборудование  $f$ ;

$K$  – количество задач, в которых используется оборудование  $f$ ;

$f$  – номер изделия, соответствующего типа, используемого в Проекте.

Суммарные затраты, приходящиеся на стандартное оборудование в год на один самолет рассчитываются по формуле:

$$Sst_{г.с.} = \sum_{f=1}^{F_{ST}} ET_{fG} \cdot a_f, \quad (15)$$

где:

$ET_{fG}$  – суммарное использование изделия  $f$  в год, рассчитывается по формуле (14);

$a_f$  – затраты на эксплуатацию  $f$ -го изделия за час использования, включая затраты на обслуживание (вал/час);

$F_{ST}$  – количество стандартного оборудования/инструмента, используемого в Проекте.



Для выполнения расчета необходимо задать затраты на эксплуатацию для стандартного оборудования.

Затраты на оборудование  $f$ -го типа, приходящиеся на весь расчетный период и парк самолетов, рассчитываются по формуле:

$$Sst_f = ET_{fG} \cdot a_f \cdot N \cdot Kol \quad (16)$$

Суммарные затраты на оборудование, приходящиеся на парк самолетов за расчетный период:

$$Sst_0 = \sum_{f=1}^{F_{ST}} Sst_f \quad (17)$$

Удельные затраты на стандартное оборудование:

$$Sst_{уд} = \frac{Sst_0}{N \cdot t_{год} \cdot Kol} \quad (18)$$

### 2.3.2. Затраты на специальное наземное оборудование и инструмент

Затраты на специальное наземное оборудование и инструмент самолета складываются из затрат на специальное оборудование и инструмент, требующихся для выполнения задач обслуживания систем самолета.

Рассмотрим расчет затрат на специальное наземное оборудование и инструмент (далее, для краткости – спецоборудование) по одной системе самолета. В рамках этой статьи рассчитываются следующие показатели:

- Для последующей оценки затрат на техническую эксплуатацию:
  - Время использования изделия  $f$  в год на один самолет,  $ET_{fG}$ .
- Для локальной оценки показателей системы:
  - Суммарные затраты на все типы спецоборудования для обслуживания системы,  $S_{sp_0}$  (на весь оцениваемый период и парк самолетов).
  - Суммарные затраты на оборудование  $f$ -го типа, необходимого для обслуживания системы  $S_{sp_f}$  (на весь оцениваемый период и парк самолетов).
  - Удельные затраты на специальное оборудование, необходимое для обслуживания системы,  $S_{sp_{уд}}$ .

Суммарные затраты на спецоборудование для обслуживания системы вычисляются по формуле:

$$S_{sp_0} = \sum_{f=1}^{F_{SP}} C_f \cdot K_{рек.f} + S_{sp} \quad (19)$$

где:

$K_{рек.f}$  – полное рекомендуемое количество единиц спецоборудования  $f$ -го типа, необходимого для обслуживания системы по парку самолетов;

$C_f$  – цена  $f$ -го изделия;

$F_{SP}$  – количество специального оборудования/инструмента, используемого в Проекте;

$ET_{fG}$  – суммарное использование изделия  $f$  в год, рассчитывается по формуле (14);

$a_f$  – затраты на эксплуатацию  $f$ -го изделия за час использования, включая затраты на обслуживание (вал/час);

$Ssp$  – затраты на обслуживание специального оборудования.

Затраты на обслуживание специального оборудования пропорциональны времени его использования. Они рассчитываются аналогично затратам на стандартное оборудование (формулы (15), (16) и (17)).



Рекомендуемое количество единиц спецоборудования  $f$ -го типа представляет собой максимальное количество одновременно используемого оборудования  $f$ -го типа при выполнении задачи обслуживания.

Для учета затрат на обслуживание необходимо задать затраты на эксплуатацию для специального оборудования.

Суммарные затраты на оборудование  $f$ -го типа:

$$Ssp_f = C_f \cdot K_{рек.f} + Ssp_f \quad (20)$$

Удельные затраты на специальное оборудование:

$$Ssp_{уд} = \frac{Ssp_0}{N \cdot t_{год} \cdot Kol} \quad (21)$$

## 2.4. Затраты на запасные части

В рамках данной статьи расходов рассчитываются следующие показатели:

- Для последующей оценки затрат на техническую эксплуатацию самолета:
  - Затраты на приобретение запчастей для системы в год на один самолет,  $Cз.зак.с$ .
  - Затраты на доставку запчастей для системы в год на один самолет,  $Cз.дос.с$ .
  - Затраты на хранение запчастей для системы в год на один самолет,  $Cз.хр.с$ .
- Для локальной оценки показателей системы:
  - Суммарные затраты на запчасти для обслуживания системы за расчетный период по всему парку самолетов,  $Cс_0$ .
  - Суммарные затраты на запчасти  $m$ -го типа за расчетный период по всему парку самолетов,  $Cс_m$ .
  - Суммарный затраты на запчасти за расчетный период по одному самолету,  $Cс_1$ .
  - Удельные затраты на запчасти на единицу наработки системы  $Cз_{уд}$ .

## Расчет прямых затрат на ТО

---

- Суммарные затраты на приобретение запчастей,  $C_{з_{приобр.о}}$ .
- Суммарные затраты на хранение запчастей,  $C_{з_{хр.о}}$ .
- Суммарные затраты на доставку запчастей,  $C_{з_{дост.о}}$ .

Суммарные затраты на запчасти для системы самолета:

$$C_{з_о} = \sum_{m=1}^M C_{з_m}, \quad (22)$$

где:

$M$  – количество типов запчастей;

$C_{з_m}$  – суммарные затраты на запчасти  $m$ -го типа за расчетный период по всему парку самолетов, которые рассчитываются по формуле:

$$C_{з_m} = (C_{приобр})_{нач.m} + (C_{приобр})_{тек.m} + (C_{хр})_{нач.m} + (C_{хр})_{тек.m} + (C_{дост})_{тек.m}, \quad (23)$$

где:

$(C_{приобр})_{нач.m}$  – затраты на приобретение начального запаса запчастей  $m$ -го типа по всему парку эксплуатируемых самолетов (формула (24));

$(C_{приобр})_{тек.m}$  – затраты на приобретение текущего запаса изделий  $m$ -го типа по парку самолетов (формула (27));

$(C_{хр})_{нач.m}$  – затраты на хранение начального запаса запчастей  $m$ -го типа (формула (25));

$(C_{хр})_{тек.m}$  – затраты на хранение текущего запаса запчастей  $m$ -го типа в течение периода текущего МТО (формула (30));

$(C_{дост})_{тек.m}$  – затраты на доставку текущего запаса для изделия  $m$ -го типа по парку техники (формула (29)).



При расчете затрат используются результаты расчета параметров планового и непланового МТО, который может проводиться в одном из трех режимов:

- В режиме 1 расчет затрат на  $N$  лет производится умножением средней потребности на цену изделия и период расчета. При расчете не учитываются затраты на хранение, параметры текущего МТО не рассчитываются.
- В режиме 2 не рассчитываются параметры текущего МТО, при расчете учитываются затраты на хранение начального МТО.
- В режиме 3 рассчитываются параметры текущего и начального МТО, при расчете учитываются затраты на хранение, а также учитываются утраты при погрузке, разгрузке и транспортировке.

Используемый режим расчета задается при настройке параметров расчета ЭТХ.

---

### 2.4.1. Затраты на приобретение и хранение начального запаса запчастей

Затраты на приобретение начального запаса  $m$ -го вида запчастей для всего парка эксплуатируемых самолетов:

$$(C_{\text{приобр}})_{\text{нач.}m} = C_m \cdot (A_{\text{max}})_m, \quad (24)$$

где:

$C_m$  – цена единицы  $m$ -го изделия, руб.;

$(A_{\text{max}})_m$  – рекомендуемый объем начального запаса  $m$ -х изделий, шт.

Затраты на хранение начального запаса запчастей  $m$ -го типа (предполагается, что запас расходуется равномерно на протяжении всего периода начального МТО):

$$(C_{\text{хр}})_{\text{нач.}m} = \frac{T_{\text{нач}}}{2 \cdot 12} \cdot y \cdot V_m \cdot (A_{\text{max}})_m, \quad (25)$$

где:

$T_{\text{нач}}$  – период начального МТО, мес.;

$y$  – стоимость  $1\text{м}^3$  помещений для хранения запаса, руб.;

$V_m$  – объем, занимаемый на складе  $m$ -м изделием,  $\text{м}^3$ .



Объем, занимаемый изделием на складе, рассчитывается как произведение *длины в упаковке, ширины в упаковке и высоты в упаковке*, которые задаются в параметрах поставки в окне свойств изделия.

### 2.4.2. Затраты на поддержание текущего запаса запчастей

Количество месяцев текущего МТО (без учета периода начального МТО):

$$T_{\text{tz}} = Kol \cdot 12 - T_{\text{нач}}, \quad (26)$$

где  $Kol$  – длительность расчетного периода, лет.

Затраты на приобретение текущего запаса  $m$ -го изделия на весь расчетный период и на весь парк самолетов:

$$(C_{\text{приобр}})_{\text{тек.}m} = C_m \cdot (A_q)_m \cdot (L_{\text{зак}})_m, \quad (27)$$

## Расчет прямых затрат на ТО

---

где:

$(A_q)_m$  – рекомендуемый объем партии поставки  $m$ -х изделий;

$(L_{\text{зак}})_m$  – количество заказов  $m$ -го изделия за время текущего МТО, рассчитываемое по формуле:

$$(L_{\text{зак}})_m = \frac{T_{tz}}{(T_r)_m}, \quad (28)$$

где:

$(T_r)_m$  – время между заказами  $m$ -го изделия.

Затраты на доставку текущего запаса для  $m$ -го изделия на весь расчетный период и парк самолетов:

$$(C_{\text{дост}})_{\text{тек.}m} = (C_{\text{дост}})_m \cdot (L_{\text{зак}})_m, \quad (29)$$

где:

$(C_{\text{дост}})_m$  – стоимость доставки партии  $m$ -ых изделий на склад.

Затраты на хранение текущего запаса запчастей  $m$  в течение периода текущего МТО (предполагается, что запас расходуется равномерно):

$$(C_{\text{xp}})_{\text{тек.}m} = \frac{T_{tz}}{2 \cdot 12} \cdot y \cdot V_m \cdot (A_q)_m \quad (30)$$

### 2.4.3. Суммарные затраты на запчасти

Суммарные затраты на приобретение запчастей на весь расчетный период и парк:

$$C_{3\text{приобр.о}} = \sum_{m=1}^M [(C_{\text{приобр}})_{\text{нач.}m} + (C_{\text{приобр}})_{\text{тек.}m}] \quad (31)$$

Затраты на приобретение запчастей в год на 1 самолет:

$$C_{3\text{зак.с}} = \frac{C_{3\text{приобр.о}}}{N \cdot Kol} \quad (32)$$

Суммарные затраты на хранение запчастей:

$$C_{3\text{xp.о}} = \sum_{m=1}^M [(C_{\text{xp}})_{\text{нач.}m} + (C_{\text{xp}})_{\text{тек.}m}] \quad (33)$$

Затраты на хранение в год на 1 самолет:

$$C_{з.хр.с} = \frac{C_{з.хр.о}}{N \cdot Kol} \quad (34)$$

Суммарные затраты на доставку запчастей:

$$C_{з.дос.о} = \sum_{m=1}^M (C_{дос.о})_{мек.м} \quad (35)$$

Затраты на доставку в год на 1 самолет:

$$C_{з.дос.с} = \frac{C_{з.дос.о}}{N \cdot Kol} \quad (36)$$

Суммарные затраты на запчасти для 1 самолета (на весь период):

$$C_{з_1} = \frac{C_{з_о}}{N} \quad (37)$$

Удельные затраты на запчасти:

$$C_{з_{уд}} = \frac{C_{з_1}}{t_{год} \cdot Kol} \quad (38)$$

## 2.5. Затраты на инфраструктуру

В рамках данной статьи расходов рассчитываются следующие показатели:

- Для последующей оценки затрат на эксплуатацию самолета:
  - Амортизационные отчисления по системе в год на один самолет,  $Син.г.с.$
- Для локальной оценки показателей системы:
  - Суммарные амортизационные отчисления на инфраструктуру за расчетный период по парку самолетов,  $Син_о.$
  - Суммарные амортизационные отчисления за объект инфраструктуры  $h$  за расчетный период по парку самолетов,  $Син_h.$
  - Суммарные амортизационные отчисления за расчетный период по одному самолету,  $Син_1.$
  - Удельные затраты на инфраструктуру,  $Син_{уд}.$

Расчет времени обслуживания системы в год с использованием инфраструктуры  $h$  для одного самолета выполняется по формуле:

## Расчет прямых затрат на ТО

---

$$FT_{hG} = \sum_{k=1}^K TH_{jk} \cdot G_k, \quad (39)$$

где:

$TH_k$  – полное время выполнения  $k$ -ой задачи (час). При подсчете занятости инфраструктуры также нужно учитывать инфраструктуру из подзадач, на которые ссылаются задачи обслуживания.

$G_k$  – среднее количество выполнений  $k$ -ой задачи в год.

---



Количество выполнений задачи в год отображается в окне **Задача обслуживания** на вкладке **Условия выполнения**.

---

$k$  – номер задачи, в которой используется инфраструктура  $h$ .

$h$  – номер типа инфраструктуры.

Отчисления на инфраструктуру в год на один самолет:

$$Син.г.с. = \sum_{h=1}^H FT_{hG} \cdot a_h, \quad (40)$$

где:

$a_h$  – затраты на эксплуатацию инфраструктуры  $h$  за 1 час работы.

$H$  – количество объектов инфраструктуры.

---



Затраты на эксплуатацию объекта инфраструктуры задаются в справочнике «Объекты инфраструктуры».

---

Расчет суммарных отчислений за использование объекта инфраструктуры  $h$  за расчетный период по парку самолетов:

$$Син_h = FT_{hG} \cdot a_h \cdot N \cdot Кол \quad (41)$$

Суммарные амортизационные отчисления за инфраструктуру для обслуживания системы за расчетный период по парку самолетов:

$$Син_o = \sum_{h=1}^H Син_h \quad (42)$$

Суммарные отчисления за инфраструктуру для одного самолета:

---

$$S_{ин_1} = \frac{S_{ин_0}}{N} \quad (43)$$

Удельные затраты на инфраструктуру:

$$S_{ин_{уд}} = \frac{S_{ин_1}}{t_{год} \cdot Kol} \quad (44)$$

## 3. Расчет показателей ЭТХ

---

Расчет показателей ЭТХ производится как для ФИ в целом, так и для отдельных его систем.

### 3.1. Общие указания по расчету

#### 3.1.1. Расчет затрат на регламентированное ТО

Расчет затрат на регламентированное ТО производится путем расчета затрат на выполнение форм ТО и количества их выполнений за расчетный период.

---



Под «формой ТО» подразумевается процедура обслуживания. Процедуры обслуживания могут быть созданы для произвольного элемента ЛСИ. При этом возможна ситуация, при которой одна форма ТО может состоять из нескольких процедур обслуживания, назначенных различным подсистемам и элементам ЛСИ. Такие процедуры обслуживания должны иметь одинаковые наименования и условия выполнения.

---

Затраты на выполнение формы ТО определяются по формуле:

$$S = \sum_{j=1}^m S_{z_{oj}} n_{вып} \quad (45)$$

где:

$S_{z_{oj}}$  – затраты на одно выполнение  $j$ -й задачи обслуживания,

$n_{вып}$  – количество выполнений процедуры,

$m$  – количество задач обслуживания в процедуре.

Количество выполнений процедуры обслуживания определяется, исходя из условий выполнения процедуры и сценария использования ФИ. Расчет количества выполнений в год процедур обслуживания, выполняемых по наработке с периодичностью равной стандартному периоду обслуживания, выполняется с учетом дополняющих и замещающих процедур.

Результат расчета количества выполнений процедуры обслуживания за расчетный период округляется до ближайшего меньшего числа.

---



- Если процедуры обслуживания различных элементов ЛСИ имеют одинаковые наименования и условия выполнения, то затраты по ним суммируются.
  - Количество выполнений процедуры в год выводится в свойствах задачи
-

- обслуживания, связанной с процедурой, на вкладке «Условия выполнения».
- Количество выполнений процедуры за расчетный период выводится в колонке «Выполнений за X лет» в таблице процедур на вкладке «Структура работ» (где X – расчетный период ).

Расчет затрат на выполнение задачи обслуживания рассматривается в разделе 3.1.3.

### 3.1.2. Затраты на плановые замены и неплановое ТО

Затраты на плановые замены определяются как сумма затрат на комплект запасных частей для плановых замен для парка ФИ на расчетный период и работы по их замене.

Затраты на неплановое ТО представляют собой затраты на неплановые замены отказавших изделий. Они определяются как сумма затрат на комплект запасных частей для неплановых замен для парка ФИ на расчетный период и работы по их замене.

Расчет затрат на работы по замене элементов выполняется по задачам обслуживания видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка». При этом количество замен может определяться одним из двух способов:

- по наработке на отказ/заданному ресурсу элементов;
- на основе количества выполнений задач обслуживания по замене.

Способ расчета количества замен/ремонтов элементов задается для сценария использования. При расчете количества замен по всем системам ФИ используется одинаковый способ расчета, указанный для сценария использования анализируемого проекта.



1. Способ расчета количества замен/ремонтов элементов выбирается на вкладке «Сценария использования» в окне «Проект АЛП».
2. Для компонентов, элементов ЛСИ и видов отказов могут быть заданы 3 значения показателей надежности (средней наработки на отказ и интенсивности отказов): назначенное, расчетное и фактическое. Выбор значений, используемых в расчетах, осуществляется при настройке параметров расчета показателей ЭТХ.

#### Затраты на плановые замены

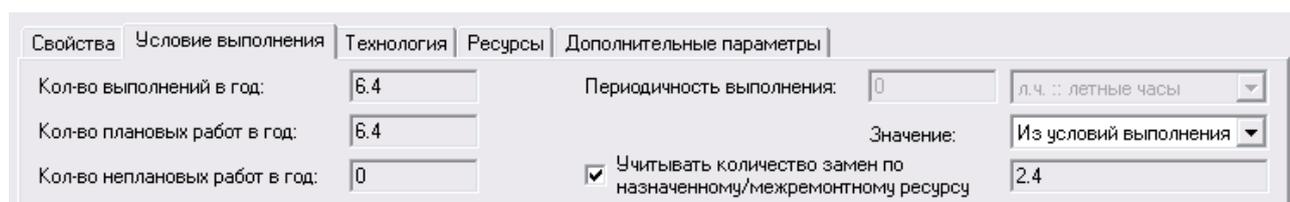
Затраты на плановые работы по замене изделий с ограниченным ресурсом определяются стоимостью работ по замене элементов, эксплуатируемых по ресурсу.

#### Исходные данные

Задачи обслуживания, удовлетворяющие условиям:

- Задача обслуживания создана для элемента ЛСИ с методом эксплуатации «ТЭР».

- Вид задачи: «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка». Задача вида «Регулировка» учитывается, если для элемента ЛСИ создана хотя бы одна задача вида «Замена», «Снятие» или «Установка».
- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «на основе количества выполнений задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка», то на вкладке «Условия выполнения» должны быть задано одно из следующих условий:
  - в поле «Значение» выбрано «Из условий выполнения», установлен флажок «Учитывать количество замен по назначенному/межремонтному ресурсу» (рис. 3-1).



Свойства	Условие выполнения	Технология	Ресурсы	Дополнительные параметры
Кол-во выполнений в год:	6.4		Периодичность выполнения:	0 л.ч. :: летные часы
Кол-во плановых работ в год:	6.4		Значение:	Из условий выполнения
Кол-во неплановых работ в год:	0		<input checked="" type="checkbox"/> Учитывать количество замен по назначенному/межремонтному ресурсу	2.4

Рис. 3-1

- в поле «Значение» выбрано «Задается», в поле «Периодичность выполнения» указана периодичность выполнения задачи.



– При формировании структуры работ рекомендуется создавать для элемента ЛСИ одну задачу обслуживания вида «Замена» или 2 задачи видов «Снятие» и «Установка».

– Для корректного расчета затрат на плановые замены изделий:

1. В свойствах элементов ЛСИ, эксплуатируемых по ресурсу, необходимо задать метод технической эксплуатации «ТЭР – восстановление по выработке ресурса».
2. В окне свойств задачи обслуживания по замене изделия, эксплуатируемого по ресурсу, на вкладке «Условия выполнения» необходимо:
  - поставить флаг «Учитывать количество замен по назначенному/межремонтному ресурсу» (периодичность выполнения задачи определяется, исходя «Из условий выполнения»);
  - или задать произвольную периодичность выполнения задачи обслуживания.
3. В справочнике «Компоненты и запчасти» требуется:
  - Задать ресурс (назначенный и межремонтный)
  - Задать цены запчастей.
  - Задать ремонтпригодность изделий и параметры ремонтпригодности. Ремонтпригодным считается изделие, в свойствах которого на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности» в поле «Ремонтпригодность» выбрано значение «2::подлежит ремонту (отдельное руководство)» или «6::подлежит ремонту».
4. Выполнить расчет параметров МТО для определения количества (требуемого объема) запасных частей (см. методику расчета параметров МТО). Расчет параметров МТО для разных систем может выполняться в разных режимах, но желательно использовать одинаковый режим расчета параметров МТО.

**Формула для расчета затрат на плановые замены**

$$S = \sum S_{зч} n_{рп} + \sum S_{зо} n_{вып} \quad (46)$$

где:

$S_{зо}$  – затраты на одно выполнение задачи обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» элемента, эксплуатируемого по ресурсу,

$n_{вып}$  – количество выполнений задачи обслуживания по замене за расчетный период, равное количеству плановых замен.

$S_{зч}$  – цена запасной части;

$n_{рп}$  – количество (требуемый объем) запасных частей для плановых замен для парка ФИ на расчетный период. Требуемый объем плановых запасных частей для плановых замен определяется при расчете параметров МТО. Формулы для расчета приведены в методике «Расчет параметров МТО».

**Количество плановых замен**

Расчет количества плановых замен элемента выполняется для элементов ЛСИ с методом эксплуатации «ТЭР» в соответствии с настройками сценария использования:

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «по наработке на отказ/заданному ресурсу», то расчет количества плановых замен за расчетный период определяется, исходя из величины ресурса элемента и сценария использования ФИ.

Формулы для расчета количества плановых замен для ремонтпригодных и неремонтпригодных изделий приведены в таблице 1.

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «на основе количества выполнений задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка», то количество плановых замен элемента определяется, исходя из условий выполнения задачи обслуживания элемента ЛСИ типа «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка».
  - Если в свойствах задачи обслуживания на вкладке «Условия выполнения» выбрано значение «Из условий выполнения» и установлен флажок «Учитывать количество замен по назначенному/межремонтному ресурсу», то количество замен определяется по формулам, приведенным в таблице 1.
  - Если в свойствах задачи обслуживания на вкладке «Условия выполнения» выбрано значение «Задается» и задана периодичность выполнения задачи, то количество замен определяется исходя из периодичности выполнения задачи и сценария использования.

При выполнении расчета за расчетный период (не за 1 год) результат расчета округляется до ближайшего меньшего целого числа.

При расчете количества плановых замен за расчетный период, как правило, не учитываются плановые замены изделия, совпадающие с окончанием расчетного периода. Например, для изделий с назначенным ресурсом 5000 летных часов за период расчета 20000 летных часов будет выполнено 3 замены. В данной методике рассматриваются оба случая расчета

количества плановых замен: с учетом и без учета замен, совпадающих с окончанием расчетного периода.

**Затраты на неплановое ТО (неплановые замены)**

Затраты на неплановые работы по замене изделий определяются затратами на выполнение задач обслуживания по замене элементов ЛСИ.

### Исходные данные

Расчет затрат на неплановые замены выполняется в соответствии с настройками сценария использования:

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «по наработке на отказ/заданному ресурсу», то расчет затрат выполняется по задачам обслуживания элементов ЛСИ видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка». Задача вида «Регулировка» учитывается, если для элемента ЛСИ создана хотя бы одна задача вида «Замена», «Снятие» или «Установка».
- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «на основе количества выполнений задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка», то расчет затрат выполняется по задачам обслуживания, удовлетворяющим условиям:
  - Задача обслуживания вида «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка». Задача вида «Регулировка» учитывается, если для элемента ЛСИ создана хотя бы одна задача вида «Замена», «Снятие» или «Установка».
  - Задача обслуживания связана с видом отказа элемента ЛСИ.

### Формула для расчета затрат на неплановое ТО (неплановые работы по замене изделий)

$$S = \sum S_{зч} n_{pn} + \sum S_{зо} n_{вып} \quad (47)$$

где:

$S_{зо}$  – затраты на одно выполнение задачи обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка»:

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «по наработке на отказ/заданному ресурсу», то учитываются все задачи обслуживания элементов ЛСИ видов «Замена», «Снятие», «Установка», «Регулировка».
- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «на основе количества выполнений задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка», то учитываются только задачи обслуживания элементов ЛСИ видов «Замена», «Снятие», «Установка», «Регулировка», связанные с видами отказов элементов ЛСИ.

$n_{вып}$  – количество неплановых выполнений задачи обслуживания за расчетный период, равное количеству неплановых замен изделия за расчетный период.

$S_{зч}$  – цена запасной части,

$n_{pn}$  – количество (требуемый объем) запасных частей для неплановых замен для парка ФИ на расчетный период. Определяется при расчете параметров МТО.

### Количество неплановых замен

Формулы для расчета количества неплановых замен для ремонтпригодных и неремонтпригодных изделий приведены в таблице 1. При выполнении расчета за расчетный период (не за 1 год) результат расчета округляется до ближайшего большего целого числа.

Формулы, приведенные в таблице 1, используются для расчета количества неплановых замен изделий, средняя наработка на отказ (или средняя наработка на внеплановый съем) которых меньше наработки ФИ за расчетный период.



Расчет количества неплановых выполнений задач обслуживания выполняется на основе параметра надежности (средней наработки на отказ или средней наработки на внеплановый съем), выбранного при настройке расчета параметров МТО.

Если средняя наработка на отказ (средняя наработка на внеплановый съем) элемента превышает наработку ФИ за расчетный период, то действует следующее правило:

- 1) Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется по наработке на отказ/заданному ресурсу элементов, то:
  - Если отношение наработки ФИ за расчетный период к средней наработке на отказ (средней наработке на внеплановый съем) элемента ЛСИ меньше заданного порога отношения наработка ФИ/наработка элемента, считается, что в течение расчетного периода не потребуется замен изделия. В этом случае количество выполнений задачи обслуживания по замене элемента принимается равным 0, соответственно затраты на неплановые замены этого элемента также равны 0.
  - Если отношение наработки ФИ за расчетный период к средней наработке на отказ (средней наработке на внеплановый съем) элемента ЛСИ больше порогового значения, но меньше 1, то количество выполнений задачи обслуживания по замене элемента принимается равным «1».
  - Если отношение наработки ФИ за расчетный период к средней наработке на отказ (средней наработке на внеплановый съем) элемента ЛСИ больше 1, то расчет количества выполнений задачи обслуживания по замене выполняется в соответствии с формулами таблицы 1.
  - Если порог отношения наработка ФИ/наработка элемента равен «0», то количество выполнений задачи обслуживания по замене элемента принимается равным «1».
- 2) Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется на основе количества выполнений задач типа «Замена», «Снятие», «Установка», «Регулировка», то сравниваются порог отношения наработка ФИ/наработка элемента и отношение наработки ФИ за расчетный период к средней наработке на отказ вида отказа, связанного с задачей обслуживания по замене.



При формировании структуры работ рекомендуется создавать для элемента ЛСИ одну задачу обслуживания вида «Замена» или 2 задачи видов «Снятие» и «Установка».

Для корректного расчета затрат на неплановые замены:

1. В свойствах элементов ЛСИ, эксплуатируемых по ресурсу, выбрать метод эксплуатации «ТЭР».
2. В свойствах элементов ЛСИ, эксплуатируемых по состоянию, выбрать метод эксплуатации «ТЭП» или «ТЭО».
3. Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «На основе количества выполнений задач типа 'Замена'/Снятие'/Установка'/Регулировка'», то на вкладке «Условия выполнения» задача обслуживания вида «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка», выбрать виды отказов элементов ЛСИ, при которых выполняется задача.
4. В справочнике «Компоненты и запчасти»:
  - Задать цены запчастей.
  - Задать ремонтпригодность изделий. Ремонтпригодным считается изделие, в свойствах которого на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности» в поле «Ремонтпригодность» выбрано значение «2::подлежит ремонту (отдельное руководство)» или «6::подлежит ремонту».
5. Выполнить расчет параметров МТО для определения количества (требуемого объема) запасных частей для неплановых замен. Расчет параметров МТО для разных систем может выполняться в разных режимах, но желательно использовать одинаковый режим расчета параметров МТО.

Количество выполнений задачи обслуживания выводится в свойствах задачи обслуживания на вкладке «Условие выполнения» в поле «Кол-во неплановых работ в год».

---

Таблица 1. Расчет количества плановых и неплановых замен для ремонтпригодных и неремонтпригодных изделий

Ремонтпригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
<b>Ремонтпригодное</b>	<p><b>Плановые замены:</b> Количество замен определяется исходя из значений назначенного и межремонтного ресурсов, срока службы изделия до первого ремонта, срока службы изделия.</p> <p>При достижении межремонтного ресурса или срока службы до первого ремонта изделие подлежит замене и ремонту, после чего может быть снова установлено на ФИ.</p> <p>При достижении назначенного ресурса или срока службы изделие подлежит замене и списанию.</p> <p><i>Расчет количества плановых замен</i> Расчет количества замен может выполняться с учетом или без учета замены, совпадающей с окончанием расчетного периода.</p> <p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ <math>n_{вып}^{пл}</math></u> определяется по следующим формулам:</p> $n_{вып}^{пл} = \left\{ \begin{array}{l} \left[ \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{межр}} \right] + \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{назн}} \right] - \left[ \frac{T_{\Sigma}}{НОК(T_{межр}, T_{назн})} \right] \right] \cdot N_{ФИ} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} (1) \\ \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{межр}} \right] \cdot N_{ФИ} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} (2) \end{array} \right.$	<p><b>Неплановые замены:</b> Количество неплановых замен определяется интенсивностью отказов изделия или интенсивностью видов отказов изделия, в зависимости от заданного режима расчета количества замен/ремонтов элементов для сценария использования.</p> <p>Изделие эксплуатируется в течение всего срока службы ФИ. В случае отказа подлежит замене и ремонту, после чего может быть снова установлено на ФИ.</p> <p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p> $n_{вып} = \sum_{j=1}^J \langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{ФИ} n_{ij} \rangle$ <p>Количество выполнений задачи обслуживания по неплановой замене <math>i</math>-го изделия равно количеству замен <math>i</math>-го изделия, которым реализуется элемент ЛСИ, связанный с этой задачей. В этом случае в вышеприведенной формуле <math>J = 1</math>.</p> <p><u>Количество ремонтов <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u></p>

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	<p>1- Для случая, когда <math>T_{\text{межр}}</math> некратный <math>T_{\text{назн}}</math>                      2- Для случая, когда <math>T_{\text{межр}}</math> кратный <math>T_{\text{назн}}</math></p> <p>где  <math>\left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right]</math>, <math>\left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{межр}}} \right]</math> и <math>\left[ \frac{T_{\Sigma}}{\text{НОК}(T_{\text{межр}}, T_{\text{назн}})} \right]</math> – целая часть результата деления, дробная часть – отбрасывается.</p> <p>Если замена изделия, совпадающая с окончанием расчетного периода, не учитывается при расчете количества замен за расчетный период, то при <math>\frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{межр}}} = \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{межр}}} \right]</math> или <math>\frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} = \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right]</math> расчет выполняется по следующим формулам:</p> $n_{\text{вып}}^{\text{пл}} = \begin{cases} \left( \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{межр}}} \right] + \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right] - \left[ \frac{T_{\Sigma}}{\text{НОК}(T_{\text{межр}}, T_{\text{назн}})} \right] - 1 \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} & (1) \\ \left( \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{межр}}} \right] - 1 \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} & (2) \end{cases}$ <p>Расчет количества замен по назн./межр. ресурсу выполняется исходя из минимального (но не нулевого) значения из 2 величин – назначенного и межремонтного ресурсов.</p>	<p>определяется по формуле:</p> $n_p = \sum_{j=1}^J \langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle$ <p>где <math>\langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle</math> округляется до ближайшего целого числа в большую сторону.</p>

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	<p>Количество выполнений задачи обслуживания по плановой замене <math>i</math>-го изделия равно количеству замен <math>i</math>-го изделия, которым реализуется элемент ЛСИ, связанный с этой задачей. В этом случае в вышеприведенных формулах <math>J = 1</math>.</p> <p><i>Расчет количества ремонтов</i></p> <p><u>Количество ремонтов <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p> $n_p = \begin{cases} \left( \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{межр}}} \right] - \left[ \frac{T_\Sigma}{\text{НОК}(T_{\text{назн}}, T_{\text{межр}})} \right] \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} & (1) \\ \left( \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{межр}}} \right] - \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{назн}}} \right] \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} & (2) \end{cases}$ <p>где</p> <p><math>\left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{назн}}} \right]</math> и <math>\left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{межр}}} \right]</math> – целая часть результата деления, дробная часть – отбрасывается.</p> <p>1- Для случая, когда <math>T_{\text{межр}}</math> некратный <math>T_{\text{назн}}</math>  2- Для случая, когда <math>T_{\text{межр}}</math> кратный <math>T_{\text{назн}}</math></p> <p>Если при расчете количества плановых ремонтов не требуется учитывать ремонты изделия, совпадающие с окончанием расчетного периода, то расчет выполняется по формулам:</p>	

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	$n_p = \begin{cases} \left( \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{межр}}} \right] - \left[ \frac{T_\Sigma}{\text{НОК}(T_{\text{нази}}, T_{\text{межр}})} \right] - 1 \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} (1) \\ \left( \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{межр}}} \right] - \left[ \frac{T_\Sigma}{T_{\text{нази}}} \right] - 1 \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot \sum_{j=1}^J n_{ij} (2) \end{cases}$ <p>При расчете количества плановых замен за расчетный период не учитываются плановые замены изделия, совпадающие с окончанием расчетного периода.</p> <p><b>Неплановые замены:</b> Количество неплановых замен определяется интенсивностью отказов изделия или интенсивностью видов отказов изделия, в зависимости от заданного режима расчета количества замен/ремонтов элементов для сценария использования.</p> <p>В случае отказа изделие заменяется и отправляется в ремонт, после которого может снова устанавливаться на ФИ.</p> <p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p> $n_{\text{вып}} = \sum_{j=1}^J \langle T_\Sigma \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle$ <p>где <math>\langle T_\Sigma \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle</math> округляется до ближайшего целого числа в большую сторону.</p>	

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	<p>Количество выполнений задачи обслуживания по неплановой замене <math>i</math>-го изделия равно количеству замен <math>i</math>-го изделия, которым реализуется элемент ЛСИ, связанный с этой задачей. В этом случае в вышеприведенной формуле <math>J = 1</math>.</p> <p><u>Количество ремонтов <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p> $n_p = \sum_{j=1}^J \langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\Phi И} n_{ij} \rangle$ <p>где <math>\langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\Phi И} n_{ij} \rangle</math> округляется до ближайшего целого числа в большую сторону.</p>	
<b><u>Неремонтопригодное</u></b>	<p><b>Плановые замены:</b> Количество замен определяется исходя из значений назначенного ресурса, срока службы изделия. Заданные значения межремонтного ресурса и срока службы до первого ремонта игнорируются.</p> <p>Изделие эксплуатируется до выработки назначенного ресурса или срока службы, в зависимости от того, что наступит раньше, после чего подлежит замене и списанию.</p> <p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p>	<p><b>Неплановые замены:</b> Количество неплановых замен определяется интенсивностью отказов изделия или интенсивностью видов отказов изделия, в зависимости от заданного режима расчета количества замен/ремонтов элементов для сценария использования.</p> <p>Изделие эксплуатируется в течение всего срока службы ФИ. В случае отказа изделие подлежит замене и списанию.</p>

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	$n_{\text{вып}}^{\text{пл}} = \sum_{j=1}^J \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right] \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot n_{ij}$ <p>где:  <math>\left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right]</math> – целая часть результата деления, дробная часть – отбрасывается.</p> <p>Если при расчете не требуется учитывать замены изделия, совпадающие с окончанием расчетного периода, то количество плановых замен определяется по следующей формуле:</p> $n_{\text{вып}}^{\text{пл}} = \sum_{j=1}^J \left( \left[ \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{назн}}} \right] - 1 \right) \cdot N_{\text{ФИ}} \cdot n_{ij}$ <p><b>Неплановые замены:</b>  Количество неплановых замен определяется интенсивностью отказов изделия или интенсивностью видов отказов изделия, в зависимости от заданного режима расчета количества замен/ремонтов элементов для сценария использования.</p> <p>В случае отказа изделие списывается.</p> <p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p>	<p><u>Количество замен <math>i</math>-го изделия по парку ФИ</u> определяется по формуле:</p> $n_{\text{вып}} = \sum_{j=1}^J \langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle$ <p>где <math>\langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle</math> округляется до ближайшего целого числа в большую сторону.</p> <p>Количество выполнений задачи обслуживания по неплановой замене <math>i</math>-го изделия равно количеству замен <math>i</math>-го изделия, которым реализуется элемент ЛСИ, связанный с этой задачей. В этом случае в вышеприведенной формуле <math>J = 1</math>.</p>

Ремонтопригодность изделия	Метод эксплуатации изделия	
	ТЭР	ТЭО, ТЭП
	$n_{\text{вып}} = \sum_{j=1}^J \langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle$ <p>где <math>\langle T_{\Sigma} \lambda_i N_{\text{ФИ}} n_{ij} \rangle</math> округляется до ближайшего целого числа в большую сторону.</p> <p>Количество выполнений задачи обслуживания по неплановой замене <math>i</math>-го изделия равно количеству замен <math>i</math>-го изделия, которым реализуется элемент ЛСИ, связанный с этой задачей. В этом случае в вышеприведенной формуле <math>J = 1</math>.</p>	

Где:

$T_{\Sigma} = UT_{\text{расч}}$  – налет ФИ за расчетный период,

$T_{\text{расч}}$  – период, за который выполняется расчет,

$N_{\text{ФИ}}$  – количество ФИ в парке,

$T_{\text{назн}}$  – назначенный ресурс изделия,

$T_{\text{межр}}$  – межремонтный ресурс изделия,

$J$  – количество элементов ЛСИ, связанных с  $i$ -м изделием,

$n_i$  – количество изделий в узле (количество изделий в узле для  $j$ -го элемента ЛСИ),

$n_{\text{вып}}$  – количество замен изделий,

$n_p$  – количество ремонтов изделий,

$\lambda_i$  – интенсивность отказа изделий или интенсивность видов отказов, с которыми связана задача по замене изделия.



- Если выбран режим расчета «на основе выполнения задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка»:

$\lambda_i$  – интенсивность  $i$ -го вида отказа.

- Если выбран режим расчета «по наработке на отказ/заданному ресурсу», то:

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} \text{ – интенсивность отказа } i\text{-го изделия,}$$

где  $T_i$  – средняя наработка на отказ или средняя наработка на внеплановый съём (в зависимости от параметра надежности, выбранного при настройке параметров расчета ЭТХ).

---

### 3.1.3. Расчет затрат на выполнение задач обслуживания

Исходными данными для расчета являются расчетный период, количество ФИ и сведения обо всех видах ресурсов, необходимых для выполнения задач обслуживания (персонале, расходных материалах и вспомогательном оборудовании и инструменте).

Подробно расчет затрат на техническое обслуживание по статьям расхода рассматривается в методике расчета затрат на техническую эксплуатацию (см. раздел 2).

#### Расчет затрат на персонал

Затраты на работу персонала одной специальности (одно выполнение задачи обслуживания):

$$S_{\Pi} = \sum_{l=1}^m S_{HI} t_l \quad (48)$$

где:

$m$  – количество специалистов, требуемых для выполнения задачи обслуживания,

$S_{HI}$  – стоимость нормо-часа  $l$ -го специалиста,

$t_l$  – занятость  $l$ -го специалиста при выполнении задачи обслуживания (ч-час).



1. Стоимость нормо-часа специалиста задается в справочнике «Специальности и квалификации». Занятость специалиста – в свойствах трудового ресурса задачи обслуживания.
2. Если в свойствах задачи обслуживания выбран переключатель **Прогнозируемые параметры**, то расчет затрат на персонал выполняется в соответствии с настройкой сценария использования:
  - Если на вкладке **Сценарий использования** в окне свойств проекта АЛП в группе **Затраты на трудовые ресурсы (прогнозируемые параметры)** **рассчитывать на основе** стоит переключатель **Трудовых ресурсов задач ТО**, то расчет затрат на персонал при выполнении задачи обслуживания выполняется по формуле (48).
  - Если стоит переключатель **Стоимости нормочаса по умолчанию**, то расчет выполняется на основе заданных прогнозируемых параметров задачи обслуживания (полные значения) и стоимости нормочаса по умолчанию, которая задана для сценария использования. Если прогнозируемое количество исполнителей не задано (равно 0), по умолчанию оно принимается равным 1.

Суммарные затраты на персонал за расчетный период на парк ФИ по всем специальностям:

$$S_{tro} = \sum_{i=1}^M S_{tri} \quad (49)$$

где:

$S_{iri}$  – суммарные затраты на персонал  $i$ -й специальности на весь расчетный период для всего парка ФИ:

$$S_{iri} = \sum_{i=1}^M T_{iG} \cdot s_i \cdot N \cdot Kol, \quad (50)$$

где:

$N$  – количество ФИ, для которых выполняется расчет.

$Kol$  – количество лет, на которое рассчитываются затраты.



- Количество ФИ, для которых выполняется расчет, задается при описании сценария использования в поле **Количество ФИ, эксплуатируемых по сценарию**.
- Количество лет, на которое рассчитываются затраты, задается при настройке параметров расчета СЖЦ для сценария использования.

$T_{iG}$  – трудозатраты (ч-час) по  $i$ -специальности, необходимые для обслуживания системы одного самолета в год:

$$T_{iG} = \frac{\sum_{k=1}^K (T_{ik} \cdot G_k)}{60}, \quad (51)$$

где:

$K$  – количество задач обслуживания системы;

$G_k$  – количество выполнений  $k$ -й задачи в год (шт);

$T_{ik}$  – занятость  $i$ -ой специальности в  $k$ -ой задаче (ч-мин);

$s_i$  – стоимость нормо-часа специалиста  $i$ -й специальности (руб./ч-час).



- Количество выполнений задачи в год отображается в окне **Задача обслуживания** на вкладке **Условия выполнения**. При расчете затрат на регламентированное ТО используется значение, указанное в поле **Кол-во плановых работ в год**. При расчете затрат на неплановые замены – в поле **Кол-во неплановых в год**. При расчете затрат на плановые замены – в поле **Учитывать кол-во замен по назначенному/межремонтному ресурсу**.
- Занятость  $i$ -ой специальности в  $k$ -ой задаче = занятости трудового ресурса, связанного с задачей обслуживания.
- При расчете трудозатрат каждой специальности нужно учитывать также исполнителей, требуемых для выполнения подзадач, на которые ссылаются шаги задачи обслуживания. Все подобные ссылки должны рассматриваться на всю глубину вложенности.
- Стоимость нормочаса задается для специальности в справочнике «Специальности и квалификации».

Расчет суммарных затрат на персонал для 1 самолета:

$$S_{tr1} = \frac{S_{tr0}}{N} \quad (52)$$

Удельные затраты на персонал:

$$S_{tr.уд.} = \frac{S_{tr1}}{t_{год} \cdot Kol}, \quad (53)$$

где

$t_{год}$  – средняя наработка системы в год.

Затраты на персонал, требуемый для обслуживания системы одного самолета в год, определяются по формуле:

$$S_{н.г.с} = \sum_{i=1}^M T_{iG} \cdot s_i, \quad (54)$$

где:

$T_{iG}$  – трудозатраты  $i$ -й специальности, необходимые для обслуживания системы самолета в год, рассчитываемые по формуле (51);

$M$  – количество специальностей персонала, необходимого для выполнения задач обслуживания системы самолета;

$s_i$  – стоимость нормо-часа специалиста  $i$ -й специальности (руб./ч-час).



1. Стоимость нормо-часа специалиста задается в справочнике «Специальности и квалификации». Занятость специалиста – в свойствах трудового ресурса задачи обслуживания.
2. Если в свойствах задачи обслуживания выбран переключатель **Прогнозируемые параметры**, то расчет затрат на персонал выполняется в соответствии с настройкой сценария использования:
  - Если на вкладке **Сценарий использования** в окне свойств проекта АЛП в группе **Затраты на трудовые ресурсы (прогнозируемые параметры)** **рассчитывать на основе** стоит переключатель **Трудовых ресурсов задач ТО**, то расчет затрат на персонал при выполнении задачи обслуживания выполняется по формуле (48).
  - Если стоит переключатель **Стоимости нормочаса по умолчанию**, то расчет выполняется на основе заданных прогнозируемых параметров задачи обслуживания (полные значения) и стоимости нормочаса по умолчанию, которая задана для сценария использования. Если прогнозируемое количество исполнителей не задано (равно 0), по умолчанию оно принимается равным 1.

### Затраты на расходные материалы

Стоимость расходных материалов на выполнение задачи обслуживания:

$$S_{pm} = \sum_{j=1}^k S_{pmj} n_j \quad (55)$$

где:

$k$  – общее количество расходных материалов в задаче обслуживания,

$S_{pm}$  – цена  $j$ -го расходного материала,

$n_j$  – количество  $j$ -го расходного материала, необходимое для выполнения задачи обслуживания.

---



Цена расходных материалов задается в справочниках «Компоненты и запчасти» и «Расходные материалы».

---

Для расчета вышеперечисленных показателей нужно вычислить количество  $j$ -го вида расходного материала, необходимого для выполнения всех работ в год на одной системе одного самолета.

Суммарные затраты на расходные материалы, необходимые для обслуживания системы одного самолета за один год, вычисляются по формуле:

$$S_{м.г.с.} = \sum_{j=1}^J Rm_{jG} \cdot s_j, \quad (56)$$

где:

$s_j$  – цена одной единицы  $j$ -го вида расходного материала;

$J$  – количество видов расходных материалов.

$Rm_{jG}$  – количество  $j$ -го вида расходного материала, необходимого для выполнения всех задач в год на системе одного самолета, определяемое по формуле:

$$Rm_{jG} = \sum_{k=1}^K Rm_{jk} \cdot G_k, \quad (57)$$

где:

$Rm_{jk}$  – количество  $j$ -го расходного материала, необходимое для одного выполнения  $k$ -той задачи. При подсчете расходных материалов также нужно учитывать расходные материалы из подзадач, на которые ссылаются задачи обслуживания.

$G_k$  – среднее количество выполнений  $k$ -ой задачи в год.

$j$  – вид расходного материала ( $j = 1 \dots J$ ).

Суммарные затраты на  $j$ -ый расходный материал на весь расчетный период и парк самолетов:

---

$$S_{Rmj} = Rm_{jG} \cdot s_j \cdot N \cdot Kol \quad (58)$$

### **Затраты вспомогательное оборудование и инструмент.**

Вспомогательное оборудование и инструмент подразделяются на стандартное и специальное. Стандартный инструмент используется для обслуживания всех типов ВС в парке, специальный – только для обслуживания данного типа ВС.

Затраты на специальное оборудование и инструмент в год на один самолет рассчитываются по формуле:

$$S_{sp} = \sum_{f=1}^{F_{sp}} C_f K_{рек.f} + \sum_{f=1}^{F_{sp}} ET_{fg} \alpha_f \quad (59)$$

Затраты на специальное оборудование и инструмент за расчетный период на парк самолетов:

$$S_{sp} = \sum_{f=1}^{F_{sp}} C_f K_{рек.f} + \sum_{f=1}^{F_{sp}} ET_{fg} \cdot \alpha_f \cdot N \cdot Kol \quad (60)$$

Затраты на стандартное оборудование и инструмент в год на один самолет рассчитываются по формуле:

$$S_{st} = \sum_{f=1}^{F_{st}} ET_{fg} a_f \quad (61)$$

Затраты на стандартное оборудование и инструмент за расчетный период на парк самолетов:

$$S_{st} = \sum_{f=1}^{F_{st}} ET_{fg} \cdot \alpha_f \cdot N \cdot Kol \quad (62)$$

где:

$K_{рек.f}$  – полное рекомендуемое количество специального оборудования и инструмента  $f$ -го типа, необходимое для обслуживания парка ВС,

$C_f$  – цена  $f$ -го изделия,

$F_{sp}$  – количество специального оборудования и инструмента, используемого в проекте,

$K_{обсл}$  – коэффициент затрат на обслуживания наземного оборудования и инструмента,

$ET_{fg}$  – время суммарного использования изделия  $f$  в год (рассчитывается по формуле 19, исходя из времени выполнения задач обслуживания и количества изделия),

$a_f$  – затраты на эксплуатацию  $f$ -го изделия за час обслуживания,

$F_{st}$  – количество стандартного оборудования и инструмента, используемого в проекте,

$N$  – расчетный период,

$Kol$  – количество ФИ.

Время использования изделия  $f$  в год, час:

$$ET_{fg} = \sum_{k=1}^K T_k \cdot G_k \cdot n_{fk}, \quad (63)$$

где:

$T_k$  – полное время выполнения  $k$ -й задачи, в которой используется оборудование  $f$ ;

$n_{fk}$  – количество  $f$ -го оборудования на  $k$ -ую задачу;

$G_k$  – среднее количество выполнений  $k$ -ой задачи в год.



Цена вспомогательного оборудования и инструмента и затраты на эксплуатацию стандартного оборудования за час использования задаются в справочнике «Вспомогательное оборудование и инструмент».

Количество выполнений задачи в год выводится в окне **Задача обслуживания** на вкладке **Условия выполнения**.

---

## 3.2. Расчет показателей ЭТХ

Ниже подробно рассмотрены основные показатели и некоторые показатели затрат и трудоемкости и продолжительности ТО. Перечень остальных показателей и порядок их расчета приведены в таблицах 2 и 3.

### 3.2.1. Основные показатели

#### 1. Суммарная стоимость ТЭ (таблица 2 показатель 17).

Определяется как сумма затрат на регламентированное ТО, затрат на плановые и неплановые замены. Рассчитывается на одно изделие и весь парк.

#### 2. Суммарная удельная стоимость ТЭ (таблица 2 показатель 18).

Представляет собой отношение суммарной стоимости ТЭ одного ФИ к его налету за расчетный период.

#### 3. Налет на отказ и повреждение ВС (таблица 2 показатель 21).

Величина, обратная сумме интенсивностей отказов элементов ЛСИ.

$$T_c = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \lambda_{cj}} \quad (64)$$

где:

$m$  – количество ЛСИ-систем в ФИ,

$\lambda_{cj}$  – интенсивность отказов элементов ЛСИ, входящих в систему. Если для родительского элемента ЛСИ задано значение интенсивности отказов, то значения интенсивности отказов элементов, входящих в него не учитываются.

#### 4. Коэффициент планируемого применения (таблица 2 показатель 22).

Коэффициент планируемого применения – вероятность того, что в произвольный момент времени ВС не будет находиться на периодическом ТО.

$$k_{п.п} = \frac{365 * 24 - \sum_{i=1}^n T_{\Pi i} * k_i}{365 * 24} \quad (65)$$

где:

$n$  – количество форм периодического ТО типа «Плановое ТО по наработке» и «Плановое ТО по календарному времени»;

$T_{\Pi i}$  – время выполнения  $i$ -й формы ТО (суммарное время выполнения задач обслуживания, входящих в процедуру);

$k_i$  – количество выполнений  $i$ -й формы в год.

Количество выполнений формы ТО определяется, исходя из условий выполнения и сценария использования ФИ. Расчет количества выполнений в год процедур обслуживания,

выполняемых по наработке с периодичностью равной стандартному периоду обслуживания, выполняется с учетом дополняющих и замещающих процедур.

**5. Вероятность вылета ВС по расписанию** (таблица 2 показатель 19).

Вероятность того, что очередной вылет не будет задержан сверх допустимого времени или отменен из-за его неисправности или несвоевременной подготовки.

$$k_{з.в.} = \frac{365 * 24 - T_H - T_O}{365 * 24} \quad (66)$$

где:

$T_H$  – продолжительность работ по неплановым заменам в год, час, определяемая как суммарное время работ по неплановым заменам в год для всех систем.

Продолжительность работ по неплановым заменам в год для системы определяется по формуле:

$$T_H = \sum_{j=1}^m \lambda_j T_{\Sigma} T_{зj} \quad (67)$$

где:

$m$  – количество элементов ЛСИ в системе,

$\lambda_j$  – интенсивность отказов  $j$ -го элемента ЛСИ,

$T_{\Sigma}$  – суммарный налет ФИ за расчетный период,

$T_{зj}$  – время замены  $j$ -го элемента ЛСИ, определяется как длительность задачи обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка», связанной с видом отказа этого элемента; если для элемента ЛСИ создано несколько задач, например типов «Снятие» и «Установка», то их длительность суммируется.



Под «длительностью» задачи обслуживания понимается среднее время выполнения шагов задачи. Среднее время выполнения задается пользователем или рассчитывается по шагам технологии.

Задача типа «Регулировка» учитывается только, если для элемента создана задача типа «Замена», «Снятие» или «Установка».

---

$T_O$  – продолжительность оперативных работ в год, час, определяемая по формуле:

$$T_O = \sum_{i=1}^n T_{oi} k_i \quad (68)$$

где:

$n$  – количество форм ТО типа «Оперативное ТО» для ФИ,

$T_{oi}$  – расчетная продолжительность формы ТО типа «Оперативное ТО» для ФИ,

$k_i$  – количество выполнений  $i$ -й формы ТО в год.

---

6. **Коэффициент готовности** (таблица 2 показатель 23).

$$k_{m.g} = k_{z.g} * k_{п.п} \quad (69)$$

7. **Суммарная удельная трудоемкость ТЭ** (таблица 3 показатель 36).

Суммарная удельная трудоемкость определяется по формуле:

$$k_{TO} = k_{TRP} + k_{TBP} + k_{TB} \quad (70)$$

где:

$k_{TRP} = k_{ТОП} + k_{ТП}$  – суммарная удельная трудоемкость регламентированного ТО,

$k_{ТОП}$  – суммарная удельная трудоемкость оперативного ТО. Представляет собой отношение суммарной трудоемкости процедур обслуживания типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период.

$k_{TBP}$  – суммарная удельная трудоемкость плановых замен. Представляет собой отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания по замене элементов ЛСИ (типов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка<sup>1</sup>») с методом эксплуатации ТЭР, выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период.

$k_{ТП}$  – суммарная удельная трудоемкость периодического ТО. Представляет собой отношение суммарной трудоемкости процедур обслуживания типов «Плановое ТО по наработке» и «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период.

$k_{TB}$  – суммарная удельная трудоемкость неплановых замен. Представляет собой отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания по замене, выполненных за расчетный период, к налету за расчетный период.



Под «трудоемкостью» задачи обслуживания понимается средняя трудоемкость шагов задачи. Средняя трудоемкость задачи обслуживания задается пользователем или рассчитывается по занятости исполнителей.

Трудоемкость процедуры обслуживания равна сумме трудоемкостей задач обслуживания, входящих в процедуру.

8. **Суммарная трудоемкость ТЭ** (таблица 3 показатель 24).

Суммарная трудоемкость ТЭ определяется по формуле:

$$T_{TO} = T_{PP} + T_{BP} + T_B \quad (71)$$

<sup>1</sup> Задача типа «Регулировка» учитывается, если для элемента создана задача типа «Замена», «Снятие» и «Установка».

где:

$T_{PP} = T_{OP} + T_{П}$  – суммарная трудоемкость регламентированного ТО,

$T_{OP}$  – суммарная трудоемкость процедур обслуживания типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период,

$T_{П}$  – суммарная трудоемкость процедур обслуживания типов «Плановое ТО по наработке» и «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период,

$T_{B}$  – суммарная трудоемкость задач обслуживания типов «Замена» или задач типов «Снятие» и «Установка» (связанных с одним элементом и с любым его видом отказа) и «Регулировка», выполненных за расчетный период.

$T_{BP}$  – суммарная трудоемкость задач обслуживания по замене элементов ЛСИ (типов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка»), с методом эксплуатации «ТЭР», выполненных за расчетный период.

### 3.2.2. Показатели затрат

#### 1. Затраты на плановое ТО.

Затраты на плановое ТО определяются как сумма затрат на регламентированное ТО и плановые замены.

#### 2. Суммарные затраты на регламентированное ТО (таблица 2 показатель 1).

Исходными данными для расчета являются сведения о процедурах обслуживания элементов ЛСИ.

$$S_{ТО} = \sum_{i=1}^n S_{ТОi} \quad (72)$$

где:

$S_{ТОi} = \sum_{j=1}^k S_{\phi_j} n_j$  – затраты на выполнение форм ТО для  $i$ -й системы (см. раздел 3.1.1).

$S_{\phi_j}$  – затраты на выполнение  $j$ -й процедуры обслуживания. Определяются как совокупная стоимость задач обслуживания, входящих в процедуру (расчет затрат на выполнение задачи обслуживания рассматривается в разделе 3.1.3).

$n_j$  – количество выполнений  $j$ -й процедуры за расчетный период.

$n$  – количество основных систем ФИ.

#### 3. Затраты на персонал (регламентированное ТО) (таблица 2 показатель 4).

Затраты на персонал определяются как составная часть суммарных затрат на регламентированное ТО.

Представляют собой сумму затрат на персонал, необходимый для выполнения форм ТО, по основным системам. Расчет выполняется по задачам обслуживания, связанным с процедурой, на основании стоимости нормо-часа специалистов и их занятости. Расчет затрат на работу персонала для задачи обслуживания рассматривается в разделе 3.1.3.

#### 4. Затраты на материалы (регламентированное ТО) (таблица 2 показатель 2).

Затраты на материалы определяются как составная часть суммарных затрат на регламентированное ТО.

Представляют собой сумму затрат на материалы, необходимые для выполнения форм ТО, по основным системам. Расчет выполняется по задачам обслуживания, связанным с процедурой, на основании данных о ценах изделий и их количества. Расчет стоимости расходных материалов для задачи обслуживания рассматривается в разделе 3.1.3.

#### 5. Затраты на наземное оборудование и инструмент (регламентированное ТО) (таблица 1 показатель 3).

Затраты на наземное оборудование и инструмент определяются как составная часть суммарных затрат на регламентированное ТО.

Представляют собой сумму затрат на вспомогательное оборудование и инструмент для выполнения форм ТО по основным системам. Расчет выполняется по задачам обслуживания, связанным с процедурой, на основании данных о ценах изделий и затрат на эксплуатацию стандартного оборудования за час использования. Расчет затрат на вспомогательное оборудование и инструмент для задачи обслуживания рассматривается в разделе 3.1.3.

#### 6. Суммарные затраты на плановые замены (таблица 2 показатель 11).

Суммарные затраты на плановые замены определяются как сумма затрат на комплект запасных частей для плановых замен для парка ФИ на расчетный период и работы по их замене. Указания по расчету затрат на плановые замены приведены в разделе 3.1.2.

#### 7. Затраты на персонал (плановые замены).

Затраты на персонал (плановые замены) определяются как составная часть суммарных затрат на плановые замены.

Определяются как сумма затрат на персонал, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» элементов ЛСИ, эксплуатируемых по ресурсу, за расчетный период.



Если количество выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете. Например, если не задан ресурс элемента ЛСИ.

#### 8. Затраты на материалы (плановые замены).

Затраты на материал (плановые замены) определяются как составная часть суммарных затрат на плановые замены.

Определяются как сумма затрат на материалы, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» элементов ЛСИ, эксплуатируемых по ресурсу, за расчетный период.



Если количество выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете.

Под «материалами» подразумеваются материальные ресурсы типов «Запчасть» и «Расходный материал».

---

### 9. Затраты на наземное оборудование и инструмент (плановые замены).

Затраты на наземное оборудование и инструмент (плановые замены) определяются как составная часть суммарных затрат на плановые замены.

Определяются как сумма затрат на наземное оборудование и инструмент, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» элементов ЛСИ, эксплуатируемых по ресурсу, за расчетный период.

---



Если количество выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете.

Под «материалами» подразумеваются материальные ресурсы типов «Запчасть» и «Расходный материал».

---

### 10. Затраты на запчасти (плановые замены) (таблица 2 показатель 10).

Затраты на запчасти (плановые замены) определяются как составная часть суммарных затрат на плановые замены.

$$S = \sum S_{зч} n_{рп} \quad (73)$$

где:

$S_{зч}$  – цена запасной части;

$n_{рп}$  – количество запасных частей для плановых замен для парка ФИ на расчетный период, определяемое при расчете параметров МТО.

### 11. Затраты на ремонт (плановые замены).

Затраты на ремонт (плановые замены) – затраты на ремонт ремонтпригодных изделий, эксплуатируемых по ресурсу, не выработавших назначенный ресурс.

Затраты на ремонт одного изделия = цена изделия \* доля стоимости ремонта \* количество ремонтов изделия за расчетный период.

Формулы для расчета количества ремонтов приведены в таблице 1.

---



- Признак ремонтпригодности для изделий задается в справочнике «Компоненты и запчасти». Изделие считается ремонтпригодным, если в его свойствах на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности» выбрано значение «6 : Подлежит ремонту» или «2 : Подлежит ремонту (отдельное руководство)».
  - Доля стоимости ремонта задается в свойствах изделия на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности».
  - В расчете учитываются данные изделий, связанных с элементами ЛСИ с методом эксплуатации «ТЭР», не выработавшими назначенный ресурс.
- 

Для определения затрат на ремонт (плановые замены) по системе суммируются затраты на ремонт изделий, входящих в систему.

Для определения затрат на ремонт (плановые замены) по ФИ суммируются затраты на ремонт всех изделий.

#### 12. Суммарные затраты на неплановое ТО (таблица 2 показатель 14).

Суммарные затраты на неплановое ТО определяются как сумма затрат на комплект запасных частей для парка ФИ на расчетный период и работы по их замене. Указания по расчету приведены в разделе 3.1.2.

#### 13. Затраты на персонал (неплановое ТО).

Затраты на персонал (неплановое ТО) определяются как составная часть суммарных затрат на неплановые замены.

Определяются как сумма затрат на персонал, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» за расчетный период.

---



Если количество выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете.

---

#### 14. Затраты на материалы (неплановое ТО).

Затраты на материал (неплановое ТО) определяются как составная часть суммарных затрат на неплановые замены.

Определяются как сумма затрат на материалы, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» за расчетный период.

---



Если количество выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете.

---

### 15. Затраты на наземное оборудование и инструмент (неплановое ТО).

Затраты на наземное оборудование и инструмент (неплановое ТО) определяются как составная часть суммарных затрат на неплановые замены.

Определяются как сумма затрат на наземное оборудование и инструмент, необходимый для выполнения задач обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» или «Регулировка» за расчетный период.

---



Если количество неплановых выполнений задачи равно 0, то задача не учитывается в расчете.

---

### 16. Затраты на запчасти (неплановое ТО) (таблица 2 показатель 13).

Затраты на запчасти (неплановое ТО) определяются как составная часть суммарных затрат на неплановые замены. Включают в себя затраты на запчасти при выполнении работ по неплановым заменам.

$$S = \sum S_{зч} n_{pn} \quad (74)$$

где:

$S_{зч}$  – цена запасной части,

$n_{pn}$  – количество запасных частей для неплановых замен для парка ФИ на расчетный период, определяемое при расчете параметров МТО.

### 17. Затраты на ремонт (неплановое ТО).

Затраты на ремонт (неплановое ТО) – затраты на ремонт ремонтпригодных изделий.

Затраты на ремонт одного изделия = цена изделия \* доля стоимости ремонта \* количество ремонтов изделия за расчетный период.

Формулы для расчета количества ремонтов приведены в таблице 1.

---



- Признак ремонтпригодности для изделий задается в справочнике «Компоненты и запчасти». Изделие считается ремонтпригодным, если в его свойствах на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности» выбрано значение «6 : Подлежит ремонту» или «2 : Подлежит ремонту (отдельное руководство)».
  - Доля стоимости ремонта задается в свойствах изделия на вкладке «Параметры поставки и ремонтпригодности».
  - В расчете учитываются все ремонтпригодные изделия.
-

Для определения затрат на ремонт (неплановое ТО) по системе суммируются затраты на ремонт изделий, входящих в систему.

Для определения затрат на ремонт (неплановое ТО) по ФИ суммируются затраты на ремонт всех изделий по всем системам.

#### 18. Суммарные затраты на персонал

Суммируются затраты на персонал (регламентированное ТО), затраты на персонал (плановые замены), затраты на персонал (неплановое ТО).

#### 19. Суммарные затраты на материалы

Суммируются затраты на материал (регламентированное ТО), затраты на материал (плановые замены), затраты на материал (неплановое ТО).

#### 20. Суммарные затраты на наземное оборудование и инструмент

Суммируются затраты на наземное оборудование и инструмент (регламентированное ТО), затраты на наземное оборудование и инструмент (плановые замены), затраты на наземное оборудование и инструмент (неплановое ТО).

#### 21. Суммарные затраты на запчасти (таблица 2 показатель 15).

Суммируются затраты на запчасти (плановые замены) и затраты на запчасти (неплановое ТО).

#### 22. Суммарные затраты на ремонт

Суммируются затраты на ремонт (плановые замены, неплановое ТО).

### 3.2.3. Показатели трудоемкости ТО

#### 1. Трудоемкость регламентированного ТО (таблица 3 показатель 21).

Суммарная трудоемкость регламентированного ТО рассчитывается по формуле:

$$T_{PP} = T_{OP} + T_{П} \quad (75)$$

где:

$T_{OP}$  – суммарная трудоемкость оперативного ТО (таблица 3 показатель 19);

$T_{П}$  – суммарная трудоемкость периодического ТО (таблица 3 показатель 20).

**Удельная трудоемкость регламентированного ТО** (таблица 3 показатель 33).

Суммарная удельная трудоемкость регламентированного ТО рассчитывается по формуле:

$$k_{ГРР} = k_{ТОП} + k_{ТП} \quad (76)$$

где:

$k_{ТОП}$  – удельная суммарная трудоемкость оперативного ТО (таблица 3 показатель 31);

$k_{ТП}$  – удельная суммарная трудоемкость периодического ТО (таблица 3 показатель 32).

**2. Суммарная трудоемкость оперативного ТО.**

См. таблицу 3 показатель 19.

**3. Суммарная трудоемкость ТО по наработке и календарному времени.**

См. таблицу 3 показатель 20.

**4. Суммарная трудоемкость непланового ТО**

См. таблицу 3 показатель 23.

**5. Средняя трудоемкость оперативного ТО.**

См. таблицу 3 показатель 25.

**6. Средняя трудоемкость ТО на наработке и календарному времени.**

См. таблицу 3 показатель 26.

**7. Средняя трудоемкость непланового ТО**

См. таблицу 3 показатель 29.

### 3.2.4. Показатели продолжительности ТО

Показатели продолжительности ТО определяются как наихудший вариант без учета распараллеливания работ простым суммированием продолжительностей работ, которые входят в состав ТО.

**1. Продолжительность замены любого конструктивно-съёмного блока оборудования.**

См. таблицу 2 показатель 20.

**2. Суммарная удельная продолжительность регламентированного ТО.**

См. таблицу 3 показатель 15.

**3. Среднее время восстановления исправного состояния ВС.**

Среднее значение выполнения задачи обслуживания типа «Замена» или суммы времени выполнения задач типов «Снятие» и «Установка» и задачи типа «Регулировка<sup>2</sup>», выполняемых эксплуатантом, связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа.



Для задач обслуживания, выполняемых эксплуатантом, задается уровень ТОиР «ORG».

---

**4. Средняя продолжительность регламентированного ТО за период.**

См. таблицу 3 показатель 9.

---

<sup>2</sup> Задача обслуживания типа «Регулировка» учитывается, если для элемента ЛСИ создана задача типа «Замена», «Снятие» или «Установка».

## 5. Продолжительность регламентированного ТО.

См. таблицу 3 показатель 3.

Таблица 2

	Показатель	Определение показателя для ЛСИ-системы	Определение показателя для финального изделия ЛСИ-ФИ
<b>Показатели регламентированного ТО</b>			
1	Затраты на выполнение регламентированного ТО	$S_{TOi} = \sum_{j=1}^k S_{\phi_j} n_j$ $S_{TOi}$ – затраты на выполнение форм ТО для $i$ -й системы; $S_{\phi_j}$ – стоимость $j$ -й процедуры обслуживания. Определяется как совокупная стоимость задач обслуживания, входящих в $j$ -ую процедуру (формула (45)); $n_j$ – количество выполнений $j$ -й процедуры за расчетный период; $i$ – количество основных систем ФИ; $k$ – количество задач обслуживания в процедуре.	$S_{TO} = \sum_{i=1}^n S_{TOi}$
2	Затраты на расходуемые материалы при выполнении регламентированного ТО	Затраты на расходные материалы определяются как составная часть стоимости $S_{\phi_j}$ показателя 1.	Аналогично для всего ФИ
3	Затраты на наземное оборудование и инструмент при выполнении регламентированного ТО	Затраты на наземное оборудование и инструмент определяются как составная часть стоимости $S_{\phi_j}$ показателя 1.	Аналогично для всего ФИ
4	Затраты на персонал при выполнении регламентированного ТО	Затраты на персонал определяются как составная часть стоимости $S_{\phi_j}$ показателя 1.	Аналогично для всего ФИ
5	Затраты на расходные материалы для однократного выполнения формы ТО	Затраты на расходные материалы при одном выполнении формы ТО.	Аналогично для всего ФИ
6	Затраты на наземное оборудование и	Стоимость наземного оборудования, необходимого для одного выполнения	Аналогично для всего ФИ

**Общие сведения**

	Показатель	Определение показателя для ЛСИ-системы	Определение показателя для финального изделия ЛСИ-ФИ
	инструмент для однократного выполнения формы ТО	формы технического обслуживания	
7	Затраты на персонал для однократного выполнения формы ТО	Стоимость затрат на персонал для одного выполнения формы технического обслуживания	Аналогично для всего ФИ
8	Количество выполнений в год формы регламентированного ТО	Расчетное количество выполнений в год формы ТО на ФИ по условиям эксплуатации, заданным в сценарии.	Расчетное количество выполнений в год конкретной формы ТО на ФИ по условиям эксплуатации, заданным в сценарии
<b>Показатели плановых замен по ресурсу</b>			
9	Затраты на выполнение плановых замен	Стоимость всех работ по замене всех изделий с ограниченным ресурсом. Определяется как сумма произведений стоимости задачи обслуживания по замене на количество замен за расчетный период для всех элементов ЛСИ с методом эксплуатации «ТЭР» (см. раздел 3.1).	Сумма показателей по всем ЛСИ-системам
10	Затраты на запасные части для плановых замен	Стоимость комплекта запасных частей для плановых замен для парка ВС на расчетный период. Требуемый объем для плановых замен определяется при расчете параметров МТО (см. методику расчета параметров МТО).	Стоимость комплектов з/ч по всем ЛСИ-системам
11	Затраты на плановые замены	Сумма затрат на запасные части и выполненные плановые работы по их замене (см. раздел 3.1).	Сумма затрат на запасные части и выполненные плановые работы по их замене по всем ЛСИ-системам
<b>Показатели внепланового обслуживания</b>			
12	Затраты на выполнение внеплановых замен	Стоимость всех работ по замене всех отказавших изделий (см. раздел 3.1).	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
13	Затраты на запасные части для внеплановых замен	Стоимость комплекта запасных частей для внеплановых замен для парка ВС на расчетный период. Требуемый объем для внеплановых замен определяется в результате расчета параметров МТО.	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам

	Показатель	Определение показателя для ЛСИ-системы	Определение показателя для финального изделия ЛСИ-ФИ
14	Затраты на неплановое ТО	Сумма затрат на запасные части для внеплановых замен и выполненные работы по их замене.	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
<b>Суммарные показатели</b>			
15	Затраты на запасные части	Произведение количества запасных частей на парк ВС, необходимых для плановых и неплановых замен в расчетный период по сценарию, на их стоимость. Количество запасных частей на парк ВС для плановых и неплановых замен определяется в результате расчета параметров МТО.	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
16	Затраты на выполнение работ	Сумма затрат на регламентированное ТО и выполненные работы по плановым и неплановым заменам.	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
17	Затраты на техническую эксплуатацию	Сумма затрат на регламентированное ТО, запасные части и выполненные работы по их замене (плановые и неплановые)	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
18	Удельные суммарные затраты	Отношение затрат на техническую эксплуатацию системы к налету по сценарию за расчетный период	Сумма затрат по всем ЛСИ-системам
19	Вероятность вылета ВС по расписанию (коэффициент готовности к вылету, $k_{з.в.}$ )	Вероятность того, что очередной вылет не будет задержан сверх допустимого времени или отменен из-за его неисправности или несвоевременной подготовки. $k_{з.в.} = \frac{365 * 24 - T_H - T_O}{365 * 24}$ где: $T_H$ – продолжительность неплановых работ в год, час, $T_O$ – продолжительность оперативных работ в год, час. $T_H = \sum_{j=1}^m \lambda_j T_{\Sigma} T_{зj}$ где: $m$ – количество элементов ЛСИ в системе, $\lambda_j$ – интенсивность отказов $j$ -го элемента ЛСИ,	Вероятность того, что очередной вылет не будет задержан сверх допустимого времени или отменен из-за его неисправности или несвоевременной подготовки. $k_{з.в.} = \frac{365 * 24 - T_H - T_O}{365 * 24}$ где: $T_H$ – продолжительность неплановых работ в год, час, определяемая как суммарное время неплановых работ в год для всех систем; $T_O$ – продолжительность оперативных работ в год,

	Показатель	Определение показателя для ЛСИ-системы	Определение показателя для финального изделия ЛСИ-ФИ
		<p><math>T_{\Sigma}</math> – суммарный налет ФИ за расчетный период,  <math>T_{zj}</math> – время замены <math>j</math>-го элемента ЛСИ (длительность задачи обслуживания типа «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка», связанной с видом отказа этого элемента).</p> $T_O = \sum_{i=1}^n T_{oi} k_i$ <p>где:  <math>n</math> – количество ТО типа «Оперативное ТО» для ЛСИ системы,  <math>T_{oi}</math> – расчетная продолжительность ТО типа «Оперативное ТО» для ЛСИ-системы,  <math>k_i</math> – количество выполнений <math>i</math>-го ТО в год</p>	<p>час, определяемая по формуле:</p> $T_O = \sum_{i=1}^n T_{oi} k_i$ <p>где:  <math>n</math> – количество ТО типа «Оперативное ТО» для ФИ,  <math>T_{oi}</math> – расчетная продолжительность ТО типа «Оперативное ТО» для ФИ,  <math>k_i</math> – количество выполнений <math>i</math>-го ТО в год.</p>
20	Продолжительность замены любого конструктивно-съемного блока оборудования	Максимальное значение продолжительности задачи обслуживания типа «Замена» или суммы продолжительностей задач типа «Снятие» и «Установка», и с уровнем ТОиР «ORG» (выполняемые эксплуатантом), связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа	Максимальное значение продолжительности задачи обслуживания типа «Замена» или суммы продолжительностей задач типа «Снятие» и «Установка», и с уровнем ТОиР «ORG», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа
21	Налет на отказ и повреждение ВС (системы)	Величина, обратная сумме интенсивностей отказов элементов ЛСИ, входящих в систему. Если для родительского элемента ЛСИ задано значение интенсивности отказов, то значения интенсивности отказов элементов, входящих в него не учитываются.	$T_C = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \lambda_{cj}}$ <p>где:  <math>m</math> – количество ЛСИ-систем в ФИ</p> $\lambda_c = \frac{1}{T_C}$
22	Коэффициент планируемого применения $k_{п.п}$	Коэффициент планируемого применения – вероятность того, что в произвольный момент времени ВС не будет находиться на периодическом	Коэффициент планируемого применения – вероятность того, что в произвольный момент

	Показатель	Определение показателя для ЛСИ-системы	Определение показателя для финального изделия ЛСИ-ФИ
		<p>ТО.</p> $k_{П.П} = \frac{365 * 24 - \sum_{i=1}^n T_{Пi} * k_i}{365 * 24}$ <p>где:  <math>n</math> – количество форм периодического ТО типа «Плановое ТО по наработке» и «Плановое ТО по календарному времени» для ЛСИ-системы;  <math>T_{Пi}</math> – время выполнения <math>i</math>-й формы ТО,  <math>k_i</math> – количество выполнений <math>i</math>-й формы в год для ЛСИ-системы.</p>	<p>времени ВС не будет находиться на периодическом ТО.</p> $k_{П.П} = \frac{365 * 24 - \sum_{i=1}^n T_{Пi} * k_i}{365 * 24}$ <p>где:  <math>n</math> – количество форм периодического ТО типа «Плановое ТО по наработке» и «Плановое ТО по календарному времени» для ФИ;  <math>T_{Пi}</math> – время выполнения <math>i</math>-й формы ТО,  <math>k_i</math> – количество выполнений <math>i</math>-й формы в год для ФИ.</p>
23	Коэффициент готовности	$k_{м.г} = k_{г.в} * k_{П.П}$	$k_{м.г} = k_{г.в} * k_{П.П}$

Таблица 3

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
Продолжительность суммарная	<b>1.</b> $t_{OP}$ Суммарная продолжительность процедур обслуживания типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период.	<b>2.</b> $t_{П}$ Суммарная продолжительность процедур обслуживания типа «Плановое ТО по наработке» или «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период.	<b>3.</b> $t_{PP} = t_{OP} + t_{П}$	<b>4.</b> $t_{BP}$ Суммарная продолжительность задач обслуживания, количество выполнений которых связано с заменами элемента ЛСИ, эксплуатируемого по ресурсу (ТЭР), выполненных за расчетный период.	<b>5.</b> $t_{B}$ Суммарная продолжительность задач обслуживания типа «Замена» или суммы продолжительностей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа «Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ, и с любым его видом отказа, выполненных за расчетный период	<b>6.</b> $t_{TO} = t_{PP} + t_{BP} + t_{B}$
Продолжительность средняя	<b>7.</b> $t_{COП}$ Отношение суммы продолжительностей ТО типа	<b>8.</b> $t_{СП}$ Отношение суммы продолжительностей ТО типа «Плановое ТО по	<b>9.</b> $t_{СПП} = \frac{t_{COП}n_{OP} + t_{СП}n_{П}}{n_{OP} + n_{П}}$	<b>10.</b> $t_{CBP}$ Отношение суммарной продолжительности задач обслуживания,	<b>11.</b> $t_{CB}$ Отношение суммарной продолжительности задач обслуживания	<b>12.</b> $t_{CTO} = \frac{t_{CPP}n_{PP} + t_{CBP}n_{BP} + t_{CB}n_{CB}}{n_{PP} + n_{BP} + n_{B}}$ где: $n_{PP} = n_{OP} + n_{П}$

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
	«Оперативное ТО», выполненных за расчетный период, к количеству $n_{оп}$ этих ТО за расчетный период	наработке» или «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период, к количеству $n_{п}$ этих ТО за расчетный период		количество которых связано с заменами элемента ЛСИ, метод эксплуатации которого «ТЭР», выполненных за расчетный период, к общему количеству выполнений этих задач за расчетный период	типа «Замена» или суммы продолжительностей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа «Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым видом отказа, выполненных за расчетный период к общему количеству этих задач за расчетный период	
Продолжительность суммарная удельная	<b>13.</b> $k_{поп}$ Отношение суммы продолжительностей ТО типа «Оперативное ТО»,	<b>14.</b> $k_{пп}$ Отношение суммы продолжительностей ТО типа «Плановое ТО по наработке» или «Плановое ТО по	<b>15.</b> $k_{ппр} = k_{поп} + k_{пп}$	<b>16.</b> $k_{пвр}$ Отношение суммарной продолжительности задач обслуживания, количество выполнений	<b>17.</b> $k_{пв}$ Отношение суммарной продолжительности задач обслуживания типа «Замена» или суммы	<b>18.</b> $k_{пто} = k_{ппр} + k_{пвр} + k_{пв}$

Общие сведения

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
	выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период	календарному времени», выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период		которых связано с заменами элемента ЛСИ, метод эксплуатации которого установлен «ТЭР», выполненных за расчетный период, к налету за расчетный период.	продолжительностей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа «Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа, выполненных за расчетный период, к налету за расчетный период.	
Трудоемкость суммарная	<b>19.</b> $T_{OP}$ Суммарная трудоемкость процедур обслуживания типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период	<b>20.</b> $T_{П}$ Суммарная трудоемкость процедур обслуживания типа «Плановое ТО по наработке» или «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за	<b>21.</b> $T_{PP} = T_{OP} + T_{П}$	<b>22.</b> $T_{BP}$ Суммарная трудоемкость задач обслуживания, количество выполнений которых связано с заменами элемента ЛСИ, с методом эксплуатации	<b>23.</b> $T_{B}$ Суммарная трудоемкость задач обслуживания типа «Замена» или суммы трудоемкостей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа	<b>24.</b> $T_{TO} = T_{PP} + T_{BP} + T_{B}$

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
		расчетный период		«ТЭР», выполненных за расчетный период.	«Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа, выполненных за расчетный период.	
Трудоемкость средняя	<b>25.</b> $T_{соп}$ Отношение суммы трудоемкости ТО типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период, к количеству $n_{оп}$ за расчетный период.	<b>26.</b> $T_{сп}$ Отношение суммы трудоемкостей ТО типа «Плановое ТО по наработке» или «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период, к количеству $n_{п}$ этих ТО за расчетный период.	<b>27.</b> $T_{срр} = \frac{T_{соп}n_{оп} + T_{сп}n_{п}}{n_{оп} + n_{п}}$	<b>28.</b> $T_{свр}$ Отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания, количество выполнений которых связано с заменами элемента ЛСИ, с методом эксплуатации «ТЭР», выполненных за расчетный период, к общему количеству	<b>29.</b> $T_{св}$ Отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания типа «Замена» или суммы трудоемкостей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа «Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа, выполненных за	<b>30.</b> $T_{сто} = \frac{T_{срр}n_{рр} + T_{свр}n_{вр} + T_{св}n_{в}}{n_{рр} + n_{вр} + n_{в}}$  где $n_{рр} = n_{оп} + n_{п}$

Общие сведения

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
				выполнений этих задач за расчетный период.	расчетный период к общему количеству выполнений этих задач за расчетный период.	
Трудоемкость суммарная удельная	<b>31.</b> $k_{ТОП}$ Отношение суммы трудоемкости ТО типа «Оперативное ТО», выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период.	<b>32.</b> $k_{ТП}$ Отношение суммы трудоемкостей ТО типа «Плановое ТО по наработке» или «Плановое ТО по календарному времени», выполненных за расчетный период, к налету ФИ за расчетный период.	<b>33.</b> $k_{ТРР} = k_{ТОП} + k_{ТП}$	<b>34.</b> $k_{ТВР}$ Отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания, количество выполнений которых связано с заменами элемента ЛСИ, с методом эксплуатации «ТЭР», выполненных за расчетный период к налету ФИ за расчетный период.	<b>35.</b> $k_{ТВ}$ Отношение суммарной трудоемкости задач обслуживания типа «Замена» или суммы трудоемкостей задач типа «Снятие» и «Установка», и задачи типа «Регулировка», связанных с одним элементом ЛСИ и с любым его видом отказа, выполненных за расчетный	<b>36.</b> $k_{ТО} = k_{ТРР} + k_{ТВР} + k_{ТВ}$

---

	Регламентированное ТО		Регламентированное ТО (общие)	Плановые замены	Неплановое ТО	Техническое обслуживание
	Оперативное	Периодическое				
					период к налету ФИ за расчетный период.	

## 4. Выполнение расчета в LSS

---

### 4.1. Подготовка данных для расчета

#### 4.1.1. Настройка параметров сценария использования

Перед выполнением расчета для сценария использования настраиваются:

1. Способ расчета количества замен/ремонтов элементов: по наработке на отказ/заданному ресурсу или на основе количества выполнений задач видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка».

Это значение определяет исходные данные, требуемые для расчета количества плановых и неплановых замен/ремонтов компонентов ВС.

2. Порог отношения наработка ФИ/наработка элемента.

Это значение определяет расчет количества неплановых замен компонентов, средняя наработка на отказ (или средняя наработка на внеплановый сьем) которых превышает наработку ФИ за расчетный период.

3. Способ расчета затрат на трудовые ресурсы для задач обслуживания по прогнозируемым параметрам.

В зависимости от выбранного значения расчет для задач обслуживания по прогнозируемым параметрам будет выполняться на основе стоимости нормочаса по умолчанию и заданному прогнозируемому значению полной трудоемкости или на основе занятости и стоимости нормочаса исполнителей, указанных в качестве трудовых ресурсов задачи обслуживания.

#### 4.1.2. Исходные данные

**Сценарий использования** (вкладка «Сценарий использования» окна «Проект АЛП»):

- количество ФИ, используемых по сценарию,
- средняя наработка ФИ в год,
- период расчета начального МТО,
- период расчета параметров МТО и ДМС,
- стоимость 1м<sup>3</sup> при хранении запаса,

- способ расчета количества замен/ремонтов элементов: «по наработке на отказ/заданному ресурсу» или «на основе количества выполнений задач ‘Замена’/’Снятие’/’Установка’/’Регулировка’». Выбранное значение, определяет способ расчета затрат на плановые и неплановые замены элементов,
- способ расчета затрат на персонал по задачам обслуживания, для которых расчет выполняется по прогнозируемым параметрам (среднему времени выполнения, средней трудоемкости, количеству исполнителей):
  - на основе трудовых ресурсов задачи обслуживания. В этом случае расчет затрат на персонал будет выполняться на основе занятости и стоимости нормочаса исполнителей, указанных как трудовые ресурсы задачи.
  - на основе стоимости нормочаса по умолчанию. Расчет будет выполняться на основе заданной прогнозируемой трудоемкости (полной) на стоимость нормочаса по умолчанию. В этом случае обязательно нужно задать значение стоимости нормочаса по умолчанию.
- порог отношения наработка ФИ/наработка элемента.

**Справочник «Компоненты и запчасти»:**

- параметры надежности изделий, назначенный ресурс,
- параметры поставки: цена, срок поставки, время между заказами,
- для ремонтнопригодных изделий: длительность ремонта, длительность доставки в/из ремонта и длительность хранения в ремонтной организации (задаются для ремонтнопригодных изделий, используются при расчете параметров МТО), доля стоимости ремонта.

**Справочник «Расходные материалы»:**

- цена расходного материала.

**Справочник «Вспомогательное оборудование и инструмент»:**

- цена,
- затраты на эксплуатацию за один час обслуживания.

**Справочник «Специальности и квалификации»:**

- Стоимость нормочаса работы специалистов.

**Элемент ЛСИ:**

- Параметры надежности.
- Метод технической эксплуатации элементов ЛСИ: ТЭР, ТЭП или ТЭО.
- Признак «Является запчастью».

**Задачи обслуживания:**

- Расчет затрат на выполнение задачи обслуживания может выполняться по прогнозируемым или расчетным значениям среднего времени выполнения, средней трудоемкости и количества исполнителей. Параметры (прогнозируемые или

расчетные), по которым будет выполняться расчет затрат, выбираются с помощью переключателя на вкладке «Свойства» в окне «Задача обслуживания». Для каждого параметра выводится значение, необходимое для выполнения основных шагов задачи и всех шагов (полное). Расчет выполняется по полному значению.

Расчет затрат на персонал для задачи обслуживания по прогнозируемым параметрам выполняется в соответствии с настройкой сценария использования: на основе трудовых ресурсов задачи или стоимости нормочаса по умолчанию.

- Плановые задачи обслуживания связываются с процедурами обслуживания.
- При создании задач обслуживания по замене элементов рекомендуется придерживаться следующего правила:

*Для элемента ЛСИ создается либо одна задача вида «Замена», либо две задачи видов «Снятие» и «Установка».*

- Для задач обслуживания по замене<sup>3</sup>, выполняемых эксплуатантом, необходимо задать уровень ТОиР «ORG».
- Расчет затрат на плановые и неплановые замены выполняется в соответствии со способом расчета количества ремонтов/замен элементов, заданным для сценария использования.

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «По наработке на отказ/заданному ресурсу», то:

- Расчет количества плановых замен и ремонтов выполняется на основе назначенного и межремонтного ресурса элементов ЛСИ с методом эксплуатации ТЭР.

Расчет затрат на плановые замены выполняется по задачам обслуживания видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка» элементов ЛСИ с методом эксплуатации «ТЭР». Если у элемента отсутствуют такие задачи, то затраты = 0.

- Расчет затрат на неплановые замены выполняется по задачам обслуживания элементов ЛСИ видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка». Расчет количества неплановых замен выполняется на основе интенсивности отказов элемента ЛСИ.

- Если расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется «На основе количества выполнений задач типа Замена/Снятие/Установка/Регулировка», то:

- Расчет количества плановых замен выполняется на основе условий выполнения задачи обслуживания. Расчет количества плановых ремонтов – на основе назначенного и межремонтного ресурса.

Расчет затрат на плановые замены выполняется по задачам обслуживания видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка» элементов ЛСИ с

---

<sup>3</sup> Под задачами обслуживания по замене (здесь и далее) понимаются задачи видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка». Задача обслуживания вида «Регулировка» учитывается в расчете, если для элемента ЛСИ создана хотя бы одна задача вида «Замена», «Снятие» или «Установка».

методом эксплуатации «ТЭР», в условиях выполнения которых заданы одни из следующих данных:

1. В поле «Значение» выбрано значение «Из условий выполнений», стоит флаг «Учитывать количество замен по назначенному /межремонтному ресурсу».
  2. В поле «Значение» выбрано значение «Задается», задано значение в поле «Периодичность выполнения».
- Расчет затрат на плановые замены выполняется по задачам обслуживания элементов ЛСИ видов «Замена», «Снятие», «Установка» и «Регулировка», связанных с видами отказов элементов ЛСИ. Расчет количества замен/ремонтов элементов выполняется по интенсивности видов отказов элементов ЛСИ, связанных с задачами обслуживания по замене.

#### **Процедуры обслуживания:**

- Для процедур обслуживания задается периодичность/условия выполнения.
- Процедуры обслуживания связываются с плановыми задачами обслуживания.
- Процедуры обслуживания разных элементов ЛСИ, представляющие собой одну форму ТО, должны иметь одинаковые наименования и условия выполнения.

#### **Исходные данные для расчета параметров МТО**

Исходные данные для расчета параметров МТО приведены в методике «Расчет параметров МТО».

### **4.1.3. Ввод требуемых показателей**

Для удобства сравнения расчетных значений показателей ЭТХ с их целевыми значениями в БД вводятся требуемые значения следующих показателей:

- для проекта АЛП (окно **Проект АЛП** вкладка **Требуемые показатели**):
  - среднее время восстановления исправного состояния ВС,
  - вероятность вылета по расписанию,
  - продолжительность замены любого конструктивно-съёмного блока оборудования,
  - налет на отказ и повреждение ВС,
  - коэффициент готовности;
- для стандартного периода обслуживания (окно **Стандартный период обслуживания**):
  - требуемое время выполнения,
  - требуемая трудоемкость;
- для процедуры обслуживания (окно **Процедура обслуживания** группа полей **Периодичность/условие выполнения**):

- требуемое время выполнения,
- требуемая трудоемкость.

### 4.1.4. Завершение редактирование систем

Перед выполнением расчета необходимо завершить редактирование систем. В расчете показателей ЭТХ учитываются последние сохраненные в БД данные. Если редактирование системы не завершено, то все изменения, внесенные после взятия системы на редактирование, не учитываются.

## 4.2. Выполнение расчета

1. В главном окне на панели навигации выберите **Менеджер проектов** → **Проекты АЛП**.
2. Выделите элемент ЛСИ-ФИ, для которого нужно рассчитать показатели ЭТХ, и в его контекстном меню выберите **Дополнительно** → **Анализ ЭТХ**.
3. В появившемся окне **Анализ ЭТХ** (рис. 4-1):
  - В поле **Финальное изделие** представлены данные выбранного ФИ.
  - В раскрывающемся списке **Проект АЛП** выберите проект АЛП, для которого нужно провести расчет.
  - Поле **Системы** используется для выбора систем ФИ, по которым нужно выполнить расчет. В этом поле можно выбрать одну, несколько или все системы ФИ. По умолчанию предлагается выполнить расчет по всем системам. Для выбора определенных систем:
    - нажмите на кнопку ;
    - в появившемся окне флажком отмечены системы, по которым выполняется расчет. Если по системе не нужно проводить расчет, снимите флаг и нажмите на кнопку **ОК**.
  - В поле **Сохранить в** требуется указать путь к папке, в которой будет сохранен пакет отчетов.
  - В поле **Показывать** можно выбрать показатели, которые будут выводиться в отчеты. По умолчанию выбраны все показатели.
  - В группе полей **Анализ ЭТХ** настраиваются параметры расчета показателей ЭТХ:
    - в поле **Значения надежности** необходимо указать, какие значения показателей надежности (интенсивности отказов и средней наработки на отказ) будут использоваться при расчете: назначенные, фактические или расчетные;

- в поле **Параметры надежности** необходимо указать, какой параметр надежности будет использоваться при расчете параметров МТО: средняя наработка на отказ, средняя наработка на внеплановый съём или будет использоваться настройка расчета параметров МТО, заданная при редактировании каждой системы;
- в поле **Интервал построения циклограмм, летн.ч.** необходимо задать интервал построения циклограмм (если в этом поле введено значение «0», интервал построения циклограмм определяется автоматически);
- в поле **Режим расчета** необходимо выбрать режим расчета параметров МТО.

Анализ ЭТХ

Финальное изделие: 214 : Среднемагистральный самолет

Проект АЛП: АЛП Ту-214 : Трансаэро

Системы: < Все >

Сохранить в: D:\Анализ ЭТХ

Показывать:

- Основные показатели
- Затраты
- Трудоемкость
- Продолжительность

Параметры анализа ЭТХ

Значения надёжности: Назначенные

Параметры надежности: Средняя наработка на отказ (MTBF)

Интервал построения циклограмм, летн.ч.: 10

Режим расчета: 1. Простой расчет средней потребности в запчастях

Старт Закреть

Рис. 4-1

4. Для выполнения расчета нажмите на кнопку **Старт**.

В результате будет сформирован пакет отчетов в формате html, откроется браузер, установленный по умолчанию, и отчет откроется для просмотра.

Пакет отчетов формируется в соответствии со схемой, представленной на рис. 4-2.

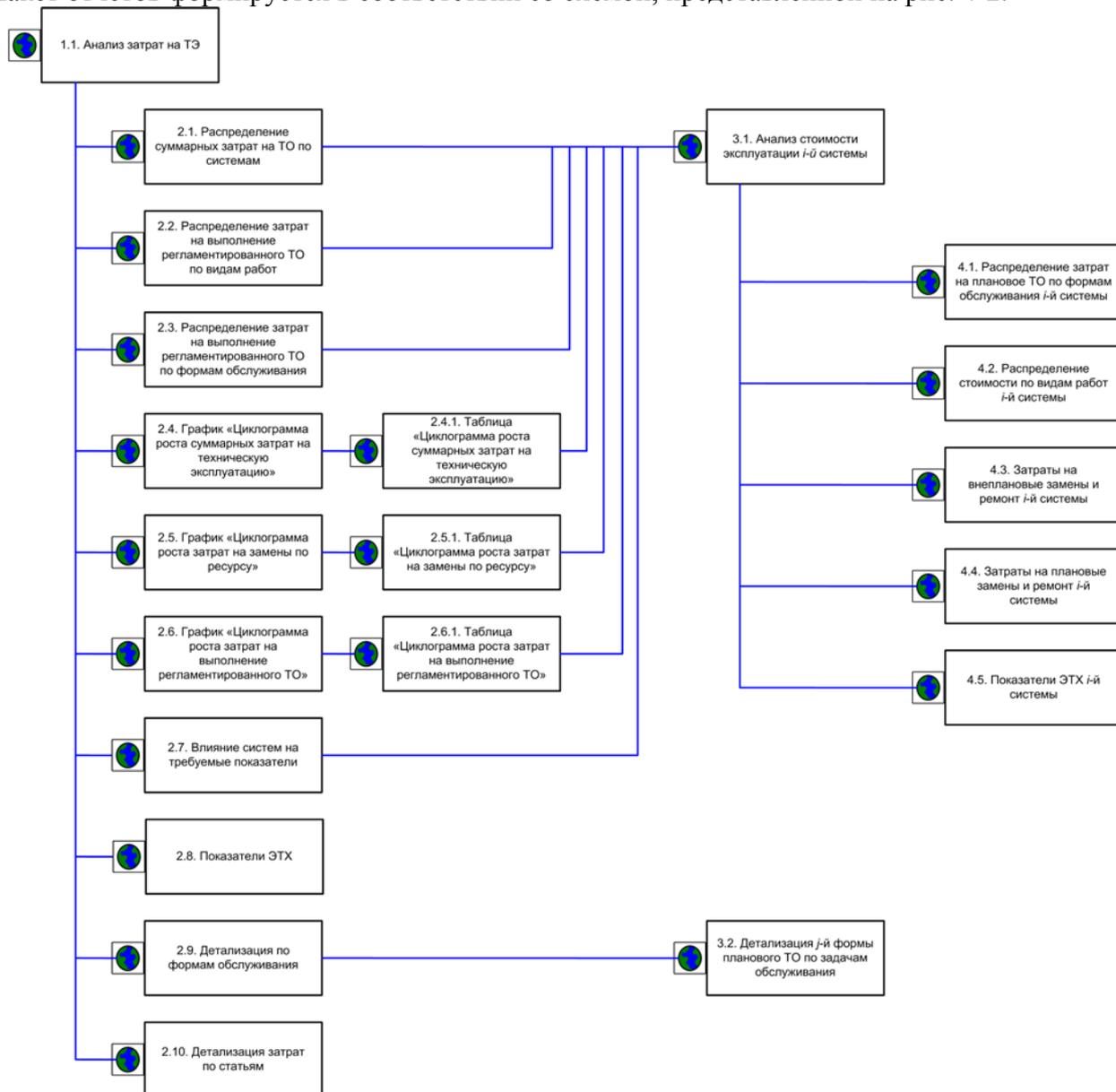


Рис. 4-2