

Расчет параметров МТО



Расчет параметров МТО

Методические материалы

Прикладная логистика

АНО НИЦ CALS-технологий

Москва, 5-й Донской проезд, дом 15

Адрес в интернет: <http://www.cals.ru>

Телефон/факс: +7 (495) 955 5137

1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
2.1. Исходные данные для расчета непланового МТО.....	7
2.2. Исходные данные для расчета параметров планового МТО.....	8
3. РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ НЕПЛАНОВОГО МТО.....	9
3.1. Расчет количества запчастей i -го типа для неплановых замен неремонтопригодных изделий	13
3.2. Расчет необходимого количества запчастей для неплановых замен ремонтопригодных изделий	16
4. РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ПЛАНОВОГО МТО.....	18
5. РАСЧЕТ СУММАРНЫХ ОБЪЕМОВ МТО.....	20
6. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ	21

Используемые сокращения

Сокращение	Значение
АЛП	Анализ логистической поддержки.
КТПО	Категория тяжести последствий отказа.
ЛСИ	Логистическая структура изделия.
МТО	Материально-техническое обеспечение.
НМТО	Начальное материально-техническое обеспечение.
ТОиР	Техническое обслуживание и ремонт.
ТЭО	Метод технической эксплуатации с восстановлением (списанием) после отказа.
ТЭП	Метод технической эксплуатации с восстановлением (списанием) при достижении предотказного состояния.
ТЭР	Метод технической эксплуатации с восстановлением (списанием) после выработки ресурса.
ФИ	Финальное изделие.
ЭК	Элемент-кандидат.
ЭЭД	Электронная эксплуатационная документация.

1. Введение

Одна из наиболее актуальных задач при организации материально-технического обеспечения (МТО) сложных технических изделий – определение параметров начального и текущего МТО, т.е. номенклатуры и количества запасных частей и расходных материалов, подлежащих заказу и хранению на складах эксплуатанта или сервисной службы. Эти параметры определяют отдельно для плановых (регламентных) работ и для обеспечения технического обслуживания и ремонтов (ТОиР), связанных со случайно возникающими отказами (неплановое ТОиР).

При оценке параметров МТО для разрабатываемого ФИ требуется:

- а) Оценить общую стоимость требуемых запчастей для планового и непланового ТО. Стоимость оценивается в расчете на 1 ФИ, на парк и на срок службы ФИ/на один год/на 1 летный час.
- б) Выделить наиболее «затратные» из запчастей с учетом их критичности.
- в) Рассчитать требуемый объем и стоимость начального запаса запчастей, поставляемых с ФИ.
- г) Сформировать перечень изделий с ограниченным ресурсом.
- д) Определить требуемый перечень и стоимость заменяемых изделий с ограниченным ресурсом, необходимых для проведения каждого стандартного периода обслуживания.
- е) Рассчитать требуемый объем и стоимость партий запчастей, поставляемых одновременно в послегарантийный период (период текущего МТО).
- ж) Рассчитать объем минимального запаса запчастей.
- з) Рассчитать затраты на хранение запасов запчастей.

К числу основных параметров МТО, подлежащих расчету, относятся:

- объем начального запаса $A_{нач}$, который должен обеспечить требуемый коэффициент готовности парка ФИ в течение начального периода, когда текущее МТО по тем или иным причинам еще не налажено;
- объем минимального запаса A_{min} , который должен обеспечить требуемый коэффициент готовности в течение времени поставки заказанной партии запчастей на склад;
- объем партии поставки $A_{тек}$ при пополнении запаса;
- объем запаса для замен в течение срока службы ФИ $A_{ТссФИ}$.

Применимость данной методики для решения задач, приведенных в пп. д) – з), сильно зависит от двух факторов:

- 1) Принятой «дисциплины» снабжения и управления запасами. Предполагается, что заказ запчастей осуществляется партиями, в каждую из которых могут входить различные типы запчастей. Заказ осуществляется через определенный период времени с определенной длительностью доставки, а запас расходуется равномерно. Для полноценного планирования логистики у эксплуатанта этого может быть недостаточно, т.к. могут быть различные склады в разных местах, либо все запчасти могут заказываться у поставщика самолета только в случае отказа в режиме «7 дней в неделю 24 часа» и т.д.
- 2) Наличия исходных данных, относящихся к поставке запчастей (минимальный перечень):
 - Среднее время между заказами запчасти,
 - Продолжительность и стоимость доставки запчасти,
 - Стоимость хранения 1 куб.м. на складе.

Все эти параметры на ранних сроках проектирования проектанту обычно не известны.



LSA Suite позволяет выполнить расчет параметров МТО в одном из трех режимов:

1. Простой расчет средней потребности в запчастях.

В этом режиме определяется объем запаса для плановых и неплановых замен в течение периода расчета: средняя потребность в запасных частях для замен по ресурсу и средняя потребность в запасных частях при устранении случайных отказов неремонтопригодных изделий. Потребность в запасных частях для устранения случайных отказов ремонтпригодных изделий в этом режиме не рассчитывается.

2. Расчет параметров текущего МТО с учетом уровня риска.

В этом режиме рассчитываются

- рекомендуемое количество запасных частей на расчетный период для плановых замен по ресурсу ремонтпригодных и неремонтопригодных изделий (объем запаса для плановых замен в течение периода расчета),
- рекомендуемый объем начального запаса для неплановых замен ремонтпригодных и неремонтопригодных изделий,
- рекомендуемый объем минимального запаса для неплановых замен неремонтопригодных изделий,
- рекомендуемый объем партии поставки для неплановых замен неремонтопригодных изделий.

3. Расчет параметров текущего МТО с учетом уровня риска и возможности утраты в процессе погрузки и транспортировки, а также отбраковки в ремонтной организации.

В этом режиме рассчитываются те же параметры МТО, которые рассчитываются во втором режиме, но расчет выполняется с учетом возможности утраты в процессе погрузки и транспортировки, а также отбраковки в ремонтной организации.

Режим расчета выбирается пользователем исходя из наличия исходных данных в БД АЛП.

Под уровнем риска понимается вероятность отсутствия детали на складе эксплуатанта и/или ремонтной (сервисной) службы в тот момент, когда она потребуется для ремонта изделия. Подробно рассматривается ниже.

2. Исходные данные

2.1. Исходные данные для расчета непланового МТО

U	– средняя наработка ФИ в год, е.и. наработки;
$N_{\text{ФИ}}$	– количество ФИ, шт.;
$T_{\text{нач}}$	– период начального МТО, мес.;
$T_{\text{сл.ФИ}}$	– срок службы ФИ, лет;
$T_{\text{расч}}$	– расчетный период;
$T_{\text{зак.}i}$	– среднее время между заказами для i -го изделия, мес.;
T_n	– среднее время выполнения поставки, мес.;
R	– уровень риска;



Уровень риска определяется на основе кода значимости или категории важности:

R_1 – допустимая вероятность отсутствия запчастей на складе для элементов, у которых характеристика «категория важности» = 1 или код значимости = 1;

R_2 – допустимая вероятность отсутствия запчастей на складе для элементов, у которых характеристика «категория важности» = 2 или код значимости = 2

R_3 – допустимая вероятность отсутствия запчастей на складе для элементов, у которых характеристика «категория важности» = 3 или код значимости = 3.

W_i	– количество элементов ЛСИ, реализуемых изделием i -го типа;
j	– порядковый номер заменяемого элемента ЛСИ, реализуемого i -м изделием;

Параметры j -го элемента ЛСИ, реализуемого с помощью i -го изделия:

n_j^i	– количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ, шт. (если изделие i -го типа входит в состав другого изделия, связанного с родительским элементом ЛСИ по отношению к j -у, то общее количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ, будет равно произведению количества в узле изделий i -го типа и количества в узле изделий у родительского элемента ЛСИ);
λ_j^i	– интенсивность отказов или интенсивность внепланового съема (в зависимости от того, какой параметр используется при расчете) j -го элемента ЛСИ,

- реализуемого i -м изделием, 1/е.и. наработки;
- $T_{ут}$ – средняя наработка на утрату изделия в процессе летной эксплуатации;
- $T_{ут-хр}$ – средняя продолжительность между утратами изделия в процессе хранения, погрузки/разгрузки и транспортировки;

Параметры ремонтпригодных изделий:

- $T_{рем}$ – среднее время ремонта i -го изделия, мес.;
- $T_{дост-в/из}$ – средняя продолжительность доставки в / из ремонта, мес.;
- $T_{хр}$ – средняя продолжительность хранения на складе ремонтной организации при необходимости комплектования для транспортировки «пакета» запасных частей (при возвращении из ремонта).

2.2. Исходные данные для расчета параметров планового МТО

- U – средняя наработка ФИ в год, е.и. наработки;
- $N_{ФИ}$ – количество ФИ, шт.;
- $T_{сл.ФИ}$ – срок службы ФИ, лет;
- $T_{расч}$ – расчетный период;
- $T_{назн.i}$ – назначенный ресурс для i -го изделия, е.и. наработки;
- W_i – количество элементов ЛСИ, реализуемых изделием i -го типа;
- j – порядковый номер заменяемого элемента ЛСИ, реализуемого i -м изделием;

Параметры j -го элемента ЛСИ, реализуемого с помощью i -го изделия:

- n_j^i – количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ, шт. (если изделие i -го типа входит в состав другого изделия, связанного с родительским элементом ЛСИ по отношению к j -у, то общее количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ, будет равно произведению количества в узле изделий i -го типа и количества в узле изделий у родительского элемента ЛСИ).

3. Расчет объемов непланового МТО

Расчет объемов непланового МТО выполняется для всех заменяемых элементов ЛСИ, которые могут отказывать при эксплуатации (имеют ненулевую интенсивность отказов).



Расчет выполняется для всех изделий, связанных с элементами ЛСИ с признаком «Рекомендуется в качестве запчасти», независимо от заданного для них метода технической эксплуатации: ТЭП, ТЭО или ТЭР.

В LSA Suite рассчитываются следующие параметры непланового МТО:

- 1 В режиме «Простой расчет средней потребности в запчастях»:
 - рекомендуемое количество запчастей для неплановых замен неремонтопригодных изделий за период расчета, определяемое как средняя потребность в запчастях за этот период.
- 2 В режиме «Рассчитывать параметры текущего МТО с учетом уровня риска»:
 - рекомендуемое количество запчастей для неплановых замен неремонтопригодных изделий за период расчета,
 - объем начального запаса для неплановых замен ремонтпригодных и неремонтопригодных изделий,
 - объем минимального запаса для неплановых замен неремонтопригодных изделий,
 - объем партии поставки запчастей для неплановых замен неремонтопригодных изделий.
- 3 В режиме «Учитывать доп. факторы при расчете текущего МТО»:
 - рекомендуемое количество запчастей для неплановых замен неремонтопригодных изделий за период расчета,
 - объем начального запаса для неплановых замен ремонтпригодных и неремонтопригодных изделий,
 - объем минимального запаса для неплановых замен неремонтопригодных изделий,
 - объем партии поставки запчастей для неплановых замен неремонтопригодных изделий.

При расчете параметров МТО в этом режиме учитываются утраты в процессе погрузки и транспортировки, а также отбраковки в ремонтной организации.

Каждый определяемый параметр МТО характеризуется временным интервалом, на протяжении которого должна быть обеспечена требуемая готовность ФИ. Для объема начального запаса неремонтопригодных изделий – это период начального МТО ($T_{нач}$), для объема начального запаса ремонтпригодных изделий – это длительность ремонта отказавшего изделия, для объема минимального запаса – среднее время выполнения

поставки T_n , для объема партии поставки – среднее время между заказами $T_{зак.i}$, для рекомендуемого количества запасных частей для неплановых и плановых замен за заданный период – расчетный период $T_{расч}$ (в качестве расчетного периода может быть принят срок службы ФИ $T_{сл.ФИ}$).

Суть методики определения количества запчастей, необходимого для устранения случайно возникающих отказов, заключается во введении и использовании понятия об уровне риска. *Уровень риска* – вероятность отсутствия детали на складе эксплуатанта и/или ремонтной (сервисной) службы в тот момент, когда она потребуется для ремонта изделия. Выбор значения уровня риска зависит от многих факторов, в том числе от требуемой готовности парка ФИ, ограничений бюджета на приобретение и поддержание запаса, а также от значимости отдельного элемента для работоспособности ФИ.

На рис. 3-1 изображен примерный вид процесса движения запасов на складе, связанный с устранением случайно возникающих отказов. Предполагается, что фактическое количество отказов деталей и фактическое время поставки являются случайными величинами. Также предполагается, что за время цикла расходования – пополнения запас может использоваться полностью, т.е. «страховой» запас отсутствует. Кроме того предполагается, что интервал времени от момента прихода партии поставки в адрес заказчика до момента ее помещения на склад равен нулю.

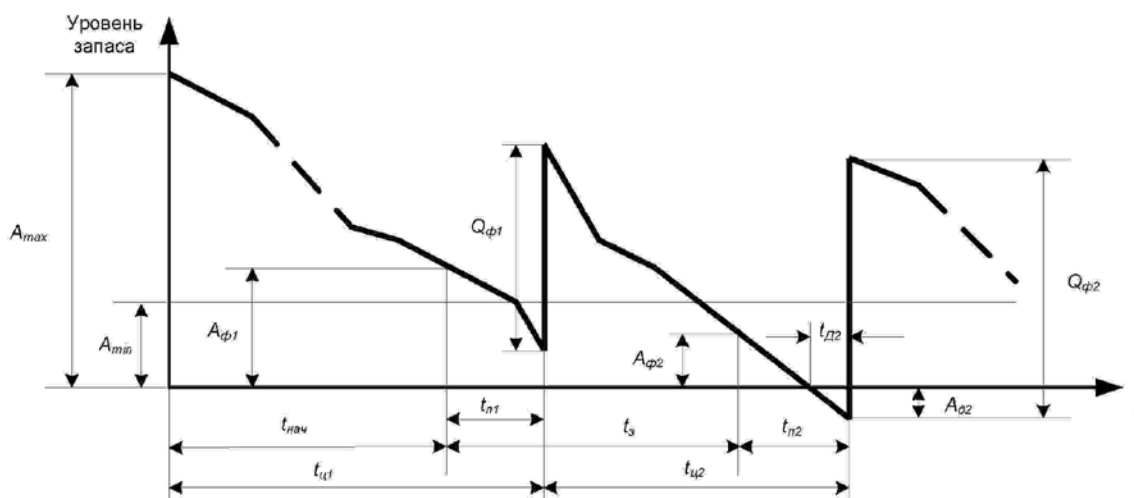


Рис. 3-1. Примерный процесс движения запасов на складе

На рис. 3-1 использованы следующие условные обозначения:

- A_{max} – уровень начального запаса;
- A_{min} – уровень минимального запаса;
- $A_{φk}$ – фактический уровень запаса для k -го цикла на момент формирования заказа ($k = 1, 2, 3, \dots$);
- $Q_{φk}$ – фактический объем партии поставки для k -го цикла;
- $t_{нач}$ – продолжительность начального МТО;
- t_3 – горизонт планирования заказов;

- t_{nk} – фактическое время выполнения поставки для k -го цикла;
- t_{uk} – фактическое время k -го цикла;
- A_{dk} – уровень дефицита для k -го цикла;
- t_{dk} – время, в течение которого существует дефицит, для k -го цикла.

Средняя потребность Q_i в запасных частях для изделий i -го типа в год для неплановых замен или ремонта на парк ФИ рассчитывается по формуле:

$$Q_i = N_{\text{ФИ}} \cdot U \cdot \sum_{j=1}^{w_i} (\lambda^*)_j^i \cdot n_j^i \quad (1)$$

где

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

U – средняя наработка ФИ в год, е.и. наработки,

W_i – количество элементов ЛСИ, реализуемых изделием i -го типа, установленных в разных зонах или выполняющих разные функции в рамках одной системы,

j – вспомогательная математическая переменная, указывающая на заменяемый элемент одного типа,

n_j^i – количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ шт. (если изделие i -го типа входит в состав другого изделия, связанного с родительским элементом ЛСИ по отношению к j -у, то общее количество изделий i -го типа, связанных с j -м элементом ЛСИ, будет равно произведению количества в узле изделий i -го типа и количества в узле изделий у родительского элемента ЛСИ),

$\lambda^* = \max\{\lambda, \lambda_{\text{ут}}\}$ – максимальная из интенсивностей утраты или отказа/внепланового съема.

Так как, если деталь утрачивается быстрее, чем отказывает, ее интенсивность отказа не имеет значения. Если же деталь отказывает чаще, чем утрачивается, она нуждается в замене и интенсивностью утрат можно будет пренебречь.

λ – интенсивность отказа или внепланового съема, в зависимости от того, какой параметр надежности выбран для расчета: средняя наработка на внеплановый съем или средняя наработка отказ. Закон распределения вероятности наступления события для средней наработки на внеплановый съем и средней наработки на отказ одинаков, следовательно, и при выполнении расчета на основе этих величин используется одна формула.

$(\lambda_{\text{ут}})_j^i = \frac{1}{T_{\text{ут}}}$ – интенсивность утраты детали в процессе летной эксплуатации, где $T_{\text{ут}}$ –

средняя наработка на утрату в процессе летной эксплуатации.

Допустимая вероятность отсутствия запчастей на складе для i -го изделия:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^w R_j^i \cdot (\lambda^*)_j^i \cdot n_j^i \cdot k_j^i}{\sum_{j=1}^w (\lambda^*)_j^i \cdot n_j^i \cdot k_j^i} \quad (2)$$

где R_j^i – уровень риска для j -го заменяемого элемента i -го типа, определяемый на основе КТПО или кода значимости заменяемого элемента.



Если расчет проводится с учетом категории важности, то значение уровня риска R_j^i определяется автоматически в зависимости от категории важности заменяемого элемента:

- если категория важности j -го элемента ЛСИ равна 1, то $R_j^i = R_1$;
- если категория важности j -го элемента ЛСИ = 2, то $R_j^i = R_2$;
- если категория важности j -го элемента ЛСИ = 3, то $R_j^i = R_3$.

Если расчет проводится с учетом кода значимости, то значение уровня риска R_j^i определяется автоматически в зависимости от кода значимости элемента ЛСИ:

- если код значимости j -го элемента ЛСИ равен 1, то $R_j^i = R_1$;
 - если код значимости j -го элемента ЛСИ = 2, то $R_j^i = R_2$;
 - если код значимости j -го элемента ЛСИ = 3, то $R_j^i = R_3$.
-

Требуется рассчитать b_i – количество запчастей на парк ФИ для замен i -го изделия за рассматриваемый период:

$$b_i = \begin{cases} (A_{нач.непл})_i \text{ при } \mu_i = Q_i \cdot \frac{T_{период}}{12} \\ (A_{мин})_i \text{ при } \mu_i = Q_i \cdot \frac{T_n}{12} \\ A_{тек.непл} \text{ при } \mu_i = Q_i \cdot \frac{(T_{зак})_i}{12} \\ (A_{ТссФИнепл})_i \text{ при } \mu_i = Q_i \cdot T_{слФИ} \end{cases} \quad (3)$$

где μ_i – средняя потребность в запасных изделиях i -го типа за рассматриваемый период, $T_{период}$ – период начального МТО для неремонтопригодных изделий, $T_{нач}$, или период ремонта (длительность ремонтного цикла) для ремонтпригодных изделий.



При расчете $(A_{ТссФИнепл})_i$ вместо срока службы ФИ используется расчетный период.

Так как количество запчастей может быть только целым числом, в качестве результата принимается ближайшее большее целое число.

3.1. Расчет количества запчастей i -го типа для неплановых замен неремонтопригодных изделий

Для оценки требуемого количества запчастей при замене одного типа деталей в течение определенного периода, необходимо найти вероятность появления числа отказов (1, 2, 3, ..., b) за этот период. Если предположить, что поток отказов является простейшим (пуассоновским), то вероятность появления b отказов за рассматриваемый период, $P(b)$:

$$P(b) = \frac{\mu^b}{b!} e^{-\mu},$$

где μ – среднее количество отказов за рассматриваемый период (интенсивность отказов),
 b – количество отказов (0, 1, 2, 3 и т.д.).

График функции $P(b)$ для $\mu = 2$ приведен на следующем рисунке.



Рис. 3-2. Вероятность появления b отказов для $\mu=2$

«Накопленная» вероятность появления от 0 до b отказов за заданный период определяется формулой:

$$\sum_{j=0}^b P(b) = \sum_{j=0}^b \frac{\mu^j}{j!} e^{-\mu}$$

На следующем рисунке приведен график «накопленной» вероятности появления от 0 до b отказов деталей одного типа.

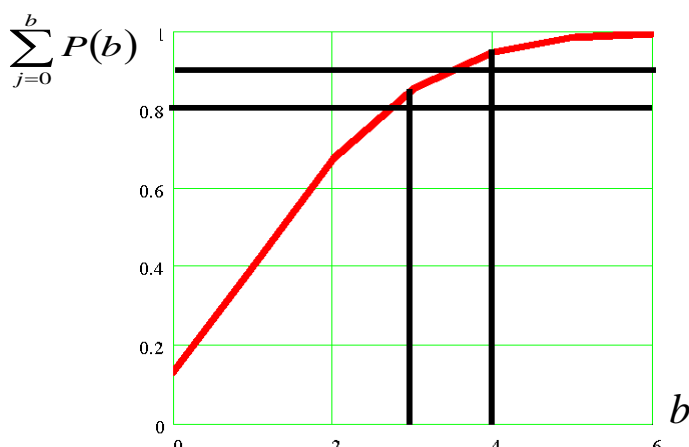


Рис. 3-3. «Накопленная» вероятность появления от 0 до b отказов для $\mu=2$

Для определения количества запчастей, которое следует держать на складе, введено понятие допустимого уровня риска R , равного вероятности отсутствия запчасти на складе в тот момент, когда она понадобится. На рисунке проведены две горизонтальные линии, соответствующие уровням риска $R = 0,2$ (нижняя) и $R = 0,1$ (верхняя).

Очевидно, что в точке пересечения кривой $\sum_{j=0}^b P(b)$ с горизонталью, соответствующей величине R , имеет место равенство:

$$\sum_{j=0}^b P(b) = 1 - R.$$

Тогда необходимое количество запчастей можно найти, решая неравенство

$$1 - R \leq \sum_{j=0}^{b_i} \frac{\mu^j}{j!} e^{-\mu} \quad (4)$$

относительно b_i и принимая в качестве результата ближайшее большее целое (поскольку b_i может быть только целым числом). Аналитическое решение такого неравенства связано с большими трудностями, а численное – очевидно из графических построений. В данном примере для $R = 0,2$ на складе следует иметь три детали, а для $R = 0,1$ – четыре.



Расчет по формуле (4) выполняется в режиме расчета параметров МТО «расчет параметров текущего МТО с учетом уровня риска»

Если за время цикла запас может расходоваться полностью (нет страхового запаса), то искомые параметры МТО можно найти, подставляя в неравенство (4) вместо μ значения средней потребности в запасных изделиях i -го типа за рассматриваемый период (см. формулу (3)).

Для получения грубой оценки без учета уровня риска:

$$b_i = \mu_i \quad (5)$$



Расчет по формуле (5) выполняется в режиме расчета параметров МТО «простой расчет средней потребности в запчастях»

При расчете необходимого количества запчастей по формуле (4) не учитывается количество деталей, утраченных в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки. Это количество можно определить, зная соответствующий временной интервал и среднюю продолжительность между утратами изделия в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки.

Количество деталей, необходимое для компенсации утрат при погрузке, разгрузке и транспортировке, за расчетный период:

$$(NN_2)_i = \frac{T_{\text{расч}}}{(T_{\text{ут_хр}})_i} \quad (6)$$

где $T_{\text{расч}}$ – расчетный период.

Если расчет проводится на весь период НМТО, то в качестве расчетного периода принимается $T_{\text{нач}}$; если проводится расчет поэтапного НМТО, то для первого этапа расчетный период принимается равным длительности первого этапа, для второго этапа $T_{\text{расч}} = T_{\text{второго этапа}} - T_{\text{первого этапа}}$ и так далее по мере необходимости.

Количество деталей, необходимое для компенсации утрат при погрузке, разгрузке и транспортировке, за время поставки заказанной партии запчастей на склад:

$$(NN_2)_i = \frac{(T_{\text{п}})_i}{(T_{\text{ут_хр}})_i} \quad (7)$$

Количество деталей за среднее время между заказами:

$$(NN_2)_i = \frac{(T_3)_i}{(T_{\text{ут_хр}})_i} \quad (8)$$

Таким образом, полное необходимое количество запчастей для неплановых замен для неремонтопригодных изделий с учетом интенсивности утраты в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки и в процессе летной эксплуатации можно получить, подставляя в формулу (9) значения b_i и NN_2 , полученные по формулам (3) и (6) – (8) для соответствующего временного интервала:

$$(N_{\text{полн}})_i = b_i + (NN_2)_i \quad (9)$$



Расчет по формуле (9) выполняется в режиме расчета параметров МТО «учитывать доп. факторы при расчете параметров текущего МТО»

3.2. Расчет необходимого количества запчастей для неплановых замен ремонтпригодных изделий

В рамках данной методики для ремонтпригодных изделий рассматривается расчет объема начального запаса для неплановых замен, который должен обеспечить требуемый коэффициент готовности в течение периода (длительность) ремонта отказавшего изделия.



Объем начального запаса для неплановых замен рассчитывается, если при настройке параметров расчета был выбран режим расчета «Рассчитывать параметры текущего МТО с учетом уровня риска» или «учитывать доп. факторы при расчете параметров текущего МТО».

Пусть $(T_p)_i$ – средняя длительность ремонта i -го изделия с учетом доставки и хранения на складе ремонтной организации при необходимости комплектования «пакета» запасных частей (время одного ремонтного цикла):

$$(T_p)_i = \frac{(T_{\text{рем}})_i + (T_{\text{дост. в/из}})_i + (T_{\text{хр}})_i}{12} \quad (10)$$

Чтобы рассчитать количество запчастей, необходимо решить относительно b_i неравенство (4)

при $\mu_i = Q_i \cdot \frac{T_p}{12}$.



Расчет по формуле (10) выполняется в режиме расчета «Рассчитывать параметры текущего МТО с учетом уровня риска».

Количество деталей, необходимое для компенсации утрат при погрузке/разгрузке и транспортировке (NN_2) , для ремонтпригодных изделий рассчитывается так же, как для неремонтпригодных изделий (формулы (6) – (8)).

Необходимое количество запчастей для неплановых замен ремонтпригодных изделий с учетом интенсивности утраты деталей в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки

можно получить, подставляя в формулу (11) значения b и NN_2 , полученные по формулам (4) и (6)-(8) для соответствующего временного интервала:

$$N_{\text{полн}} = b_i + (NN_2)_i \quad (11)$$



Расчет по формуле (11) выполняется в режиме расчета «учитывать доп. факторы при расчете параметров текущего МТО».

Изделия, переданные в ремонт, могут быть отбракованы в ремонтной организации или при прохождении входного контроля после возвращения из ремонта. Количество бракованных изделий за расчетный период определяется по формуле:

$$(N_{\text{бр}})_i = (N_{\text{р}})_i \cdot d \quad (12)$$

где

$N_{\text{р}}$ – количество ремонтных циклов i -го изделия за расчетный период, которое можно определить, зная временной интервал и среднюю длительность ремонтного цикла $T_{\text{рц}}$, рассчитываемую по формуле:

$$(T_{\text{рц}})_i = (t_{\text{р}})_i + \frac{1}{\tilde{q}_i} \quad (13)$$

d – количество бракованных деталей за один ремонтный цикл:

$$d = b_i \cdot k \quad (14)$$

k – суммарный коэффициент отбраковки деталей:

$$k = k_1 + k_2 \quad (15)$$

\tilde{q}_i – средняя потребность в запасных частях i -го типа в месяц, рассчитываемая по формуле:

$$\tilde{q}_i = \frac{Q_i}{12} \quad (16)$$

Необходимое количество запчастей для неплановых замен ремонтнопригодных изделий с учетом брака при ремонте $(N_{\text{бр}})_i$ и интенсивности утраты деталей в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки $(NN_2)_i$ равно:

$$N_{\text{полн}} = b_i + (N_{\text{бр}})_i + (NN_2)_i \quad (17)$$

4. Расчет объемов планового МТО

Расчет объемов планового МТО выполняется только для изделий, эксплуатируемых по ресурсу. Он определяется исходя из значений назначенного ресурса изделия и наработки ФИ за расчетный период.



Расчет выполняется для всех изделий, связанных с элементами ЛСИ с признаком «Рекомендуется в качестве запчасти», с методом технической эксплуатации ТЭР.

В LSA Suite рассчитываются следующие параметры планового МТО:

- 1 В режиме «Простой расчет средней потребности в запчастях»:
 - рекомендуемое количество запчастей для плановых замен ремонтпригодных и неремонтпригодных изделий за период расчета (требуемый объем для плановых замен), определяемое как средняя потребность в запчастях за этот период.
 - 2 В режиме «Рассчитывать параметры текущего МТО с учетом уровня риска»:
 - рекомендуемое количество запчастей для плановых замен (требуемый объем для плановых замен) за период расчета.
 - 3 В режиме «Учитывать доп. факторы при расчете текущего МТО»:
 - рекомендуемое количество запчастей для плановых замен (требуемый объем для плановых замен) за период расчета.
-

Для i -го изделия определяется:

$(A_{ТссФИпл})_i$ – требуемый объем для плановых замен в течение периода расчета (или срока службы).

Если $(T_{назн})^i \leq T_{расч} \cdot U$, т.е. за расчетный период произойдет хотя бы одна плановая замена, то

$$b_i = \left[\frac{T_{расч} \cdot U}{(T_{назн})^i} \right] \cdot N_{ФИ} \cdot \sum_{j=1}^{w_i} n_j^i \quad (18)$$

где $\left[\frac{T_{расч} \cdot U}{(T_{назн})^i} \right]$ – целая часть результата деления, дробная часть – отбрасывается.

Если замена изделия, совпадающая с окончанием расчетного периода, не учитывается при расчете количества замен за расчетный период, то при $\frac{T_{расч} \cdot U}{(T_{назн})^i} = \left[\frac{T_{расч} \cdot U}{(T_{назн})^i} \right]$ расчет выполняется по следующей формуле:

$$b_i = \left(\left[\frac{T_{расч} \cdot U}{(T_{нази})^i} \right] - 1 \right) \cdot N_{ФИ} \cdot \sum_{j=1}^{w_i} n_j^i \quad (19)$$

Если $(T_{нази})^i > T_{расч} \cdot U$, т.е. за расчетный период не будет плановых замен, то

$$b_i = 0 \quad (20)$$

5. Расчет суммарных объемов МТО

Общее требуемое количество запчастей в период начального МТО:

$$(A_{нач})_i = (A_{нач.непл})_i \quad (21)$$

Общее требуемое количество за срок службы ФИ:

$$(A_{ТссФИ})_i = (A_{ТссФИнепл})_i + (A_{ТссФИпл})_i \quad (22)$$

Общее количество запчастей за период между заказами изделия:

$$(A_{тек})_i = (A_{тек.непл})_i \quad (23)$$

В этих формулах $(A_{ТссФИ})_i > 0$ только для изделий с методом обслуживания ТЭР.

6. Перечень терминов

Изделие	Любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии ¹ .
Изделие конечное (финальное), КИ (ФИ)	Заключительная комбинация материалов, предметов, программных и иных компонентов, способная к самостоятельному функционированию и выполнению своего назначения; является конечным продуктом, поставляемым потребителю.
Техническая эксплуатация	Часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия.
Задача технического обслуживания	Данные, описывающие выполнение конкретной работы по ТО, изложенные в логической последовательности от начала до конца, шаг за шагом.
Транспортирование	Перемещение изделия на значительное расстояние посредством буксировки, самоходом или при помощи транспортных средств по автодороге, железной дороге, воздушными или водными путями.

¹ В контексте данного учебного курса изделие может представлять собой достаточно сложную совокупность взаимодействующих между собой предметов, материалов и программных средств, являющуюся результатом деятельности предприятия.