



Использование технологий ИЛП для оптимизации системы ТОиР ракетного комплекса

АО «ВПК «НПО машиностроения»

Скляр Е.Б.

Начальник центра поддержки эксплуатации ПВН



Исходные данные

Предмет рассмотрения	Ракетный комплекс
Количество финальных изделий	несколько десятков
Количество мест базирования	4
Количество климатических зон базирования	3
Анализируемый период эксплуатации	7 лет

Проблемы системы технической эксплуатации РК

Проблемы несовершенства нормативно-правовой базы, регулирующей процессы СТЭ

- несогласованность требований нормативно-правовой базы (Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ, ГОСТ РВ 15.1 709, приказ МО РФ № 1919 от 27.12.2010);
- отсутствие нормативно-правовых механизмов для оперативной оплаты работ, по устранению неисправностей, возникших по вине эксплуатирующих организаций;
- длительная разрешительная процедура ввоза на территорию РФ запасных частей поставщиков СЧ комплекса, расположенных на территории ближнего зарубежья;
- ограниченное финансирование работ по СО ВВТ со стороны государственного заказчика;
- отсутствие системы СО РК на основе долгосрочных контрактов (более 3-х лет).

Проблемы технического, прикладного характера

- длительные сроки поставки СЧ, для которых срок гарантии меньше, чем гарантийный срок РК в целом;
- недостаточная обученность личного состава правилам эксплуатации РК;
- отсутствие группового комплекта ЗИП-Г и недостаточность номенклатуры и объемов в одиночных комплектах ЗИП;
- недостаточно эффективная система организации ремонта СЧ комплекса;
- ограничения на транспортирование изделия, связанные с особенностями его конструкции.

Подходы к решению проблем технического, прикладного характера

Поставленная задача

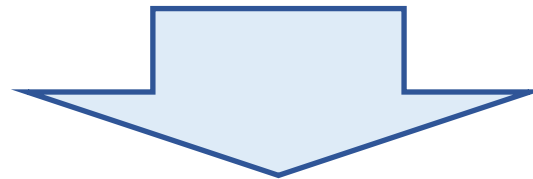
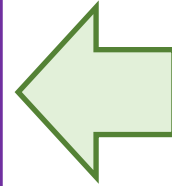
Повышение эффективности системы МТО, формирование оптимальной структуры уровней ТОиР:

- Оптимизация состава ЗИП финальных изделий РК
- Сокращение длительности простоев в ожидании запасных частей.

Инструменты ИЛП

Адаптированные методики:

- формирования логистической структуры изделия на основе анализа статистики отказов;
- анализа видов, последствий и критичности отказов для выделения критических элементов;
- расчет запасов в рамках системы МТО.



ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЭ РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

ЦЕЛЬ: ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЭ РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

ЗАДАЧА: Определить рациональный состав (номенклатуру и объем) фонда ЗИП РК, обеспечивающего выполнение требований к эксплуатационной готовности $K_{ЭГ} = 0,82$ при приемлемых затратах на техническую эксплуатацию

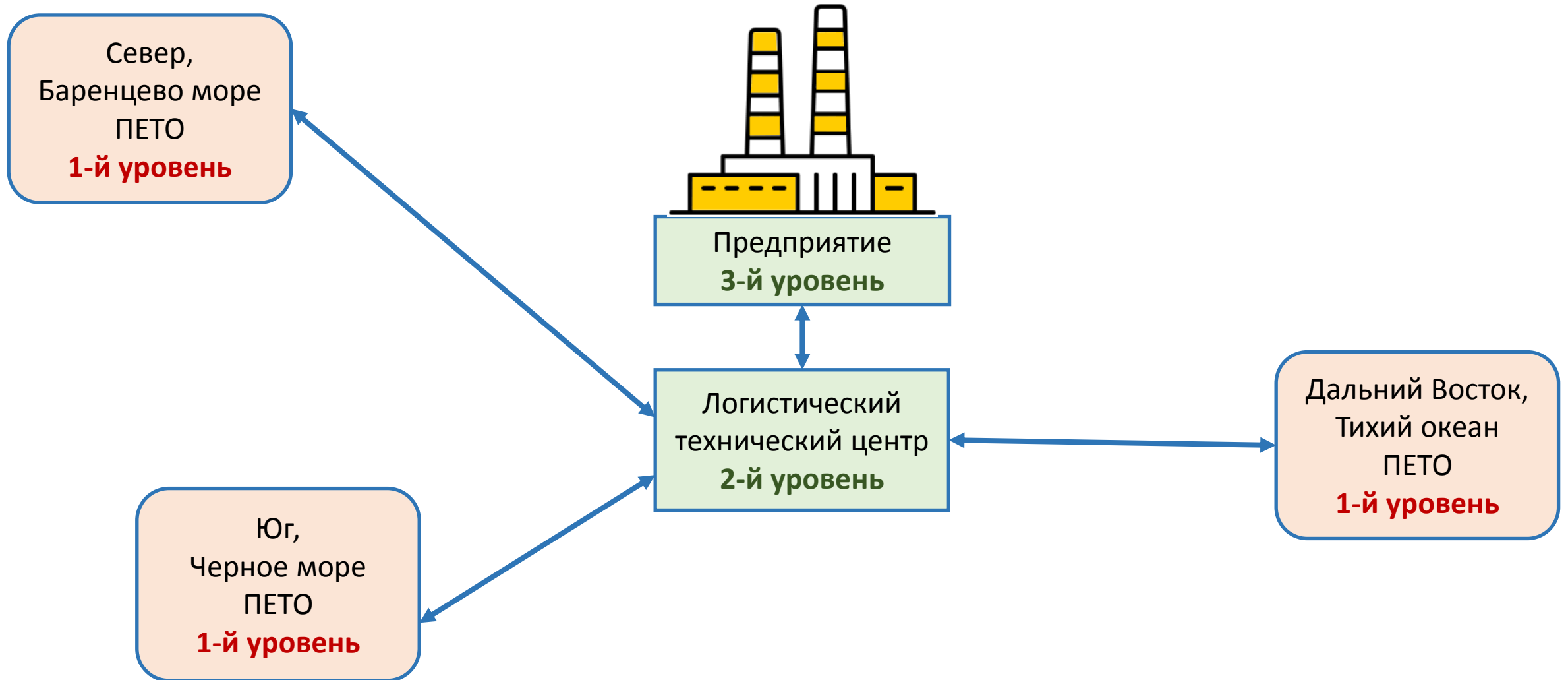
ПРИНЯТАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

Уровень 1 – пункт ежедневного технического обслуживания в месте постоянного базирования комплекса, в котором осуществляются работы по восстановлению исправности методом замены отдельных СЧ.

Уровень 2 – логистический технический центр, расположенный на территории головного предприятия - поставщика или на некотором удалении, в котором осуществляется размещение начального запаса запасных частей, централизованное хранение оборотного фонда, временное хранение и отправка в ремонт неисправных СЧ, прием и удовлетворение заявок из эксплуатирующих организаций.

Уровень 3 – предприятия-поставщики комплектующих изделий, осуществляющие их ремонт.

Схема трехуровневой модели ТЭ ракетного комплекса



Этапы решения задачи определения рационального состава ЗИП

Обоснование номенклатуры и объема начальных запасов и оборотного фонда ЛТЦ, обеспечивающего требуемый уровень эксплуатационной готовности ракетного комплекса.

- ✓ - формирование логистической структуры изделия (ЛСИ)
- ✓ - оценка критичности отказов составных частей на основе АВПКО и выделение критических СЧ
- ✓ - формирование номенклатуры предметов снабжения (средств МТО)
- ✓ - установление взаимозависимости величины затрат и показателя готовности, выбор объема начальных запасов и размеров оборотного фонда ремонтпригодных СЧ, обеспечивающих достижение заданного значения Кэг

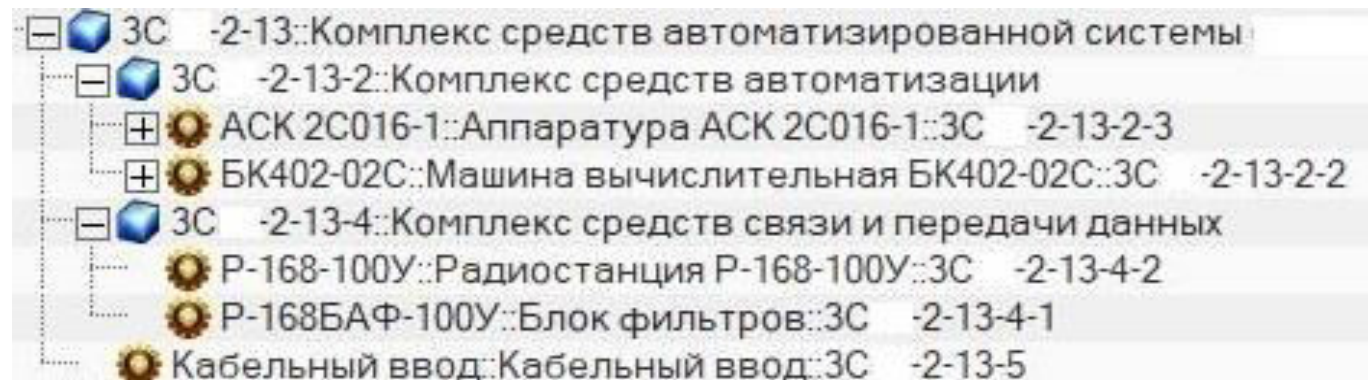
Формирование ЛСИ (ракетного комплекса) согласно ГОСТ Р 53392-2017 посредством программного продукта ILS Suite 1.1

Согласно ГОСТ Р 53392-2017 в основу формирования ЛСИ положен анализ ЛСФ, конструкторской структуры изделия по результатам которого определяют «логистические элементы», то есть элементы конструкции изделия, характеризующиеся потребностью в ТОиР и возможностью выполнения на них работ по ТОиР.

В основу методики формирования ЛСИ для серийно поставляемого комплекса положен отбор составных частей, по которым в процессе эксплуатации зафиксированы отказы.

ЛСИ представляет собой иерархический древовидный граф (дерево), построенный с использованием принятой системы нумерации и кодирования СЧ изделия.

Фрагмент ЛСИ для комплекса средств автоматизированной системы ракетного комплекса



Оценка критичности отказов составных частей комплекса на основе АВПКО по ГОСТ 27.310-95

1. В составе ЛСИ выделяются критические элементы, отказ которых прямо влияет на способность комплекса выполнять свои функции.
2. Принимается классификация категорий тяжести последствий отказов. Для рассматриваемого ракетного комплекса принята следующая классификация КТПО.

КТПО	Описание
I	Критический отказ – может вызвать невыполнение боевой задачи, гибель людей или повлечь за собой разрушение (потерю) финального изделия
II	Незначительный отказ – не влияющий на выполнение боевой задачи, не вызывающий ранения, не причиняющий материального ущерба, но приводящий к необходимости ремонта финального изделия.

3. Для каждого вида отказа элемента ЛСИ определяются последствия отказа. В зависимости от тяжести таких последствий, ему назначается категория тяжести последствий отказов.
4. Критичность отказавших элементов конструкции определяется по методике анализа видов, последствий и критичности отказов согласно ГОСТ 27.310-95.
5. Выбираются элементы ЛСИ, имеющие наибольшие числа критичности. Они составляют перечень СЧ – кандидатов на включение в начальный запас. Этот перечень разделяется на две группы: ремонтпригодные (восстанавливаемые) и невосстанавливаемые СЧ.
6. Производится расчет объемов оборотного фонда ЗИП по методике оценки запасов, изложенной в ГОСТ РВ 27.3.003-2005 «Надежность военной техники. Оценка и расчет запасов в комплектах ЗИП».

Расчет объемов ЗИП исходя из заданного коэффициента готовности запаса:

Коэффициент готовности запаса

$$K_{г\text{ЗИП}} = \prod_{i=1}^Z K_{г\text{ЗИП}_i}$$

Z - число видов (номенклатура) запчастей;

$K_{г\text{ЗИП}}$ - коэффициент готовности системы МТО с запасами (ЗЧ) видов $i = 1...Z$;

$K_{г\text{ЗИП}_i}$ - коэффициент готовности запаса вида i .

$$K_{г\text{ЗИП}_i} = 1 - \frac{(m_i \lambda_i T_i)^{A_i + 1}}{(A_i + 1)! \sum_{j=1}^{A_i + 1} \frac{(m_i \lambda_i T_i)^j}{j!}}$$

$$K_{г\text{ЗИП}_i} = \frac{1}{m_i \lambda_i T_i} \sum_{j=0}^{A_i} \left(1 - \sum_{k=0}^j \frac{(m_i \lambda_i T_i)^k}{k!} e^{-m_i \lambda_i T_i} \right)$$

m_i - количество эксплуатируемых СЧ i -го типа;

λ_i - интенсивность отказов СЧ i -го вида, выраженная в календ. времени;

A_i - объем начального запаса ЗЧ i -го вида;

Для ремонтпригодных изделий

T_i - среднее время от момента формирования заявки на пополнение запасов типа i до момента доставки

Для неремонтпригодных изделий

T_i - периодичность пополнения запасов i -го типа

Используемые показатели:

$$K_{ЭГ} = K_{ПП} \times K_{СГ} \times K_{ГЗИП}$$

$K_{ЭГ}$ – коэффициент эксплуатационной готовности изделия;

$K_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий плановые простои, связанные с выполнением плановых работ по ТОиР;

$K_{СГ}$ – коэффициент собственной готовности, учитывающий простои, связанные с выполнением работ по восстановлению, при условии, что все необходимые запчасти имеются в наличии;

$K_{ГЗИП}$ – коэффициента готовности системы ЗИП, учитывающего простои, связанные с ожиданием поставки запчастей.

$K_{ПП} = 0,99$ – принимаем const (определяется ЭД);

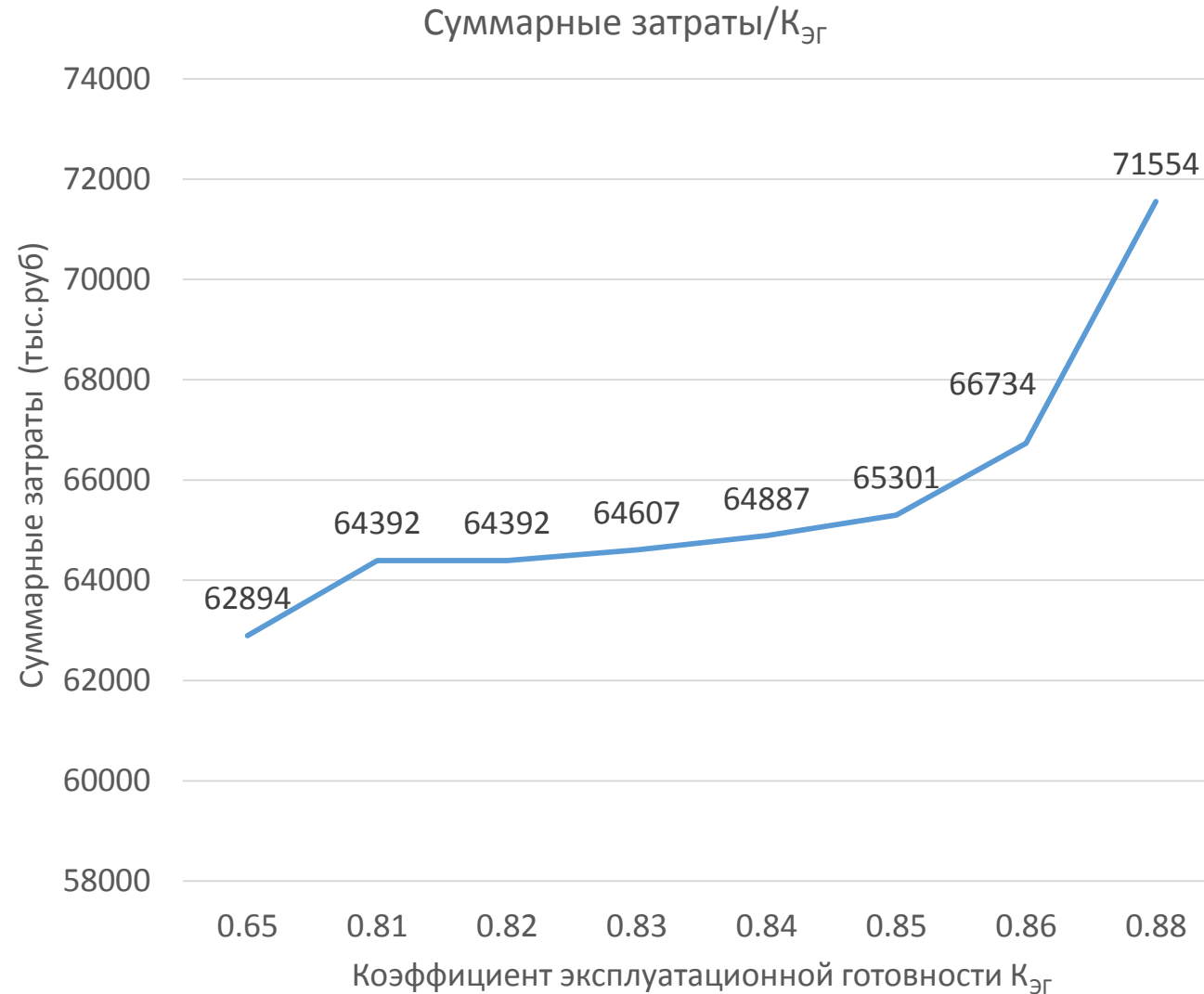
$K_{СГ} = 0,9$ – принимаем const из условия, что конструкция изделия и технология ремонта не менялись;

$K_{ГЗИП}$ - var.

ТАБЛИЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗАТРАТ НА ТЭ ОТ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ $S=F(K_{ЭГ})$ ДЛЯ ТРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ТЭ РК

Коэффициент эксплуатационной готовности ($K_{ЭГ}$)	0,65	0,810	0,819	0,828	0,837	0,846	0,855	0,882
Коэффициент готовности системы МТО ($K_{гзип}$)	0,72	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,98
Суммарные затраты за 7 лет, тыс.руб	62 894	64 392	64 392	64 607	64 887	65 301	66 734	71 554

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗАТРАТ НА ТЭ ОТ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ $S=F(K_{ЭГ})$ ДЛЯ ТРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ТЭ РК



СТРУКТУРА ЗАТРАТ НА МТО ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РК ДЛЯ ТРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ТЭ РК

Оценка стоимости технической эксплуатации РК произведена исходя из рассчитанных объемов начальных запасов и оборотного фонда ремонтпригодных СЧ, требуемых для обеспечения эксплуатационной готовности комплекса на уровне $K_{ЭГ} = 0,82$, в течение 7 лет эксплуатации.

Показатели	Уровни ремонта			ИТОГО
	1 (ПЕТО)	2 (ЛТЦ)	3 (Поставщик)	
Начальные затраты, тыс.руб				
Приобретение запасных частей (начальный запас)	-	28 670	-	28 670
Периодические затраты, тыс.руб				
Затраты на текущий ремонт	-	4 721	29 001	35 722
из них:				
- приобретение неремонтпригодных КИ	-	4 721	-	4 721
- затраты на текущий ремонт КИ	-	-	29 001	29 001
ВСЕГО:				64 392

ВЫВОДЫ

1. Принятие даже отдельных мер в части снабжения комплекса запасными частями на основе известных методов ИЛП позволяет существенно повысить эксплуатационную готовность $K_{ЭГ}$. Можно за те же деньги, которые мы тратим сегодня на поддержание исправности комплекса получить более высокую готовность. А за чуть большие деньги – достичь еще более высокого значения готовности.
2. Оптимизация снабжения запчастями – это только лишь один из способов повышения эффективности ТЭ. Комплексное решение задачи построения СТЭ на основе регламентированных ГОСТ методов и технологий ИЛП позволит еще больше сократить затраты на ТЭ изделия и обеспечить требуемую готовность парка техники.
3. В целях проверки достоверности расчетов параметров СТЭ и уточнения моделей СТЭ необходимо проведение мониторинга эксплуатации изделий с оценкой получаемых фактических эксплуатационных показателей.

Доклад окончен

Спасибо за внимание