

Чмыхов А.В., Дядищев А.В. (АО РПКБ),  
Петров А.В. (АО НИЦ «Прикладная Логистика»)

## **Нормативные документы в области интегрированной логистической поддержки и практика их применения для изделий авионики**

Внедрение технологий интегрированной логистической поддержки (ИЛП) в процессы разработки изделий авионики осуществляется с начала 2000-х годов. На начальных этапах необходимость внедрения была обусловлена требованиями со стороны головных разработчиков изделий авиационной техники, к которым, в свою очередь, аналогичные требования (стандартов DEF STAN 00 60, MIL STD 1388, спецификаций 1000D и др.) предъявлялись со стороны зарубежных заказчиков. В первую очередь эти требования касались технологий разработки и сопровождения эксплуатационной документации (ЭД) в электронном виде, а впоследствии, технологий анализа логистической поддержки.

В течение последних 20 лет АО «РПКБ» является разработчиком дорогостоящих, технически сложных изделий для объектов 4-го и 5-го поколения объектов и поставщиком изделий с длительным жизненным циклом. Приобретенный опыт позволяет рассматривать решение задач ИЛП как неотъемлемую часть инженерной деятельности, нацеленной на обеспечение послепродажного обслуживания поставляемых изделий с поддержанием высокого уровня их готовности при минимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт. В настоящее время комплекс ИЛП (ГОСТ 53393-2009) включает следующие технологии:

- анализ логистической поддержки,
- планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия,
- планирование и управление материально-техническим обеспечением,
- разработка и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации,
- обеспечение специальным, вспомогательным и измерительным оборудованием, необходимым для эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия,
- планирование и организацию обучения персонала,
- планирование и организацию процессов упаковывания, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия,
- развитие инфраструктуры СТЭ,
- поддержка программного обеспечения и вычислительных средств,
- мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания,

- планирование и организацию процессов утилизации изделия и его составных частей. В качестве базовой технологий рассматривается технология анализа логистической поддержки (АЛП). Решение комплекса задач АЛП, регламентированного требованиями ГОСТ Р 53392-2009, ГОСТ Р 56114-2014, ГОСТ Р 56130-2014, ГОСТ Р 56113-2014 (разработчик стандартов НИЦ CALS-технологий “Прикладная логистика”), позволяет:

- сформировать обоснованные программу технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), перечень планово-предупредительных работ, направленные на обеспечение безопасности полетов ЛА и безотказной работы поставляемых изделий;

- оптимизировать номенклатуру и объемы средств наземного обслуживания и контроля;

- оптимизировать процессы материально-технического обеспечения эксплуатации, в том числе номенклатуру и объем группового и одиночного ЗИП;

- контролировать значения ключевых эксплуатационно-технических характеристик на всех стадиях жизненного цикла и своевременно вносить изменения в конструкцию изделия и/или систему его технической эксплуатации.

Для решения перечисленных задач в качестве исходных данных используются сведения о надежности изделий авионики и их составных частей, контролепригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности. При этом достоверность этих исходных данных имеет критическое значение.

В настоящее время для получения достоверных исходных данных используются технологии сбора и анализа данных о фактической эксплуатации (мониторинга эксплуатации) авионики с использованием автоматизированных средств. Номенклатура сведений, подлежащих мониторингу, определяется ГОСТ Р 56132-2014, ГОСТ Р 54089-2010.

- на постоянной основе оформляются отчёты по анализу надёжности, АВПКО, по отказобезопасности, долговечности и сохраняемости, расчёты ЗИП на этапах ОКР, по анализу надежности ПКИ и комплексов оборудования по результатам их гарантийного обслуживания, которые также являются элементами АЛП;

- планирование материально-технического обеспечения (МТО) ТО и Р в части ЗИП по разделу авионики сегодня основывается на ГОСТ РВ 27.3.03-2005, управление МТО осуществляется на основе уточнения планов и результатов внедренных методов войскового ремонта;

- технико-экономический раздел АЛП практически можно сформировать на основе существующей сметной документации разрабатываемой для каждого ПКИ и комплекса.

- при методической поддержке головных разработчиков осуществляется разработка ИЭТР в бумажном виде. Также проведена апробация разработки ИЭТР в электронном

виде с использованием программных продуктов различных производителей по ряду изделий разработки ОАО «РПКБ».

- в соответствии с требованиями ТЗ на ОКР проводится работа по переводу ряда выпускаемых изделий на техническую эксплуатацию по состоянию в соответствии с требованиями ВВС выпуска №7301 и разрабатываются программы технического обслуживания и ремонта (выпуск 6405), которые включают в себя основные элементы АЛП.

Учитывая специфику изделий авионики (наличие большого количества электронных компонентов, которые переживают быструю (каждые 5-7 лет) сменность, в ближайшее время планируется также внедрять методы управления устареванием изделий в соответствии с ГОСТ Р 56129-2014.

В качестве стратегической задачи АО «РПКБ» помимо внедрения технологий ИЛП рассматривает применение всего спектра технологий управления жизненным циклом изделий, регламентированного требованиями ГОСТ Р 56135-2014 и выпущенными в 2014г. Положениями Министерства обороны РФ по жизненному циклу изделий (ЖЦИ).

Одним из основополагающих факторов эффективного внедрения и применения технологий ИЛП является применение современных информационных средств поддержки послепродажного обслуживания, основанных на едином информационном пространстве. По данному разделу можно сообщить следующее, что большая доля работ связанная с процессом послепродажного обслуживания поступает в бумажном виде, что негативно сказывается на оперативности ее обработки и анализа.

Для решения вышеперечисленной задачи рядом предприятий авиационной промышленности предпринимаются попытки создания систем информационной поддержки процессов технической эксплуатации - к ним относятся, например, программное обеспечение ИЭСДАТ (ОКБ «Им. Миля», Роствертол), ИУСПЭ (Корпорация «Иркут»). На данном этапе эти системы позволяют решать основные задачи обеспечения информационной поддержки гарантийного обслуживания объектов и ПКИ, при этом вопросы послегарантийного обслуживания и ремонта в настоящее время проработаны не полностью. Важной особенностью информационных систем поддержки технической эксплуатации является необходимость обеспечения защиты передаваемой в ЕИП информации, что, учитывая требования действующих нормативных и правовых документов, увеличивает сроки и затраты на их создание и

развертывание.

В целом следует отметить, что созданием подобных информационных систем необходимо заниматься на государственном уровне с разработкой соответствующих нормативно-правовых и нормативно-технических документов, и с обязательным привлечением к этим работам предприятий промышленности.

При планировании процессов ТОиР вновь разрабатываемой или серийно выпускаемой техники эксплуатант, головной разработчик (исполнитель) ОКР и разработчик БРЭО сталкиваются с необходимостью выбора наилучшей концепции ТОиР, обеспечивающей заданные эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ) изделий при минимальных затратах. Применение технологий АЛП позволяет обоснованно сделать такой выбор по результатам формально проведенного в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53392 анализа.

Далее рассмотрим опыт решения актуальных задач обеспечения технической эксплуатации на примере изделий БРЭО, разрабатываемых АО «РПКБ».

В настоящее время в практике АО «РПКБ» для БРЭО применяются следующие методы эксплуатации (указано процентное соотношение от общего объема эксплуатируемых изделий):

Таблица №1. Методы эксплуатации БРЭО в составе ЛА

Наименование	ТЭС (ТЭО/ТЭП), либо комбинированная ТЭС+ТЭР	ТЭР		
		Капитальный ремонт	Ремонт по техническому состоянию (РТС)	Продление назначенных показателей. ГОСТ 15.702
Относительный объем эксплуатируемого БРЭО по выбранной концепции ТОиР	10% (задаётся в ТЗ на все вновь разрабатываемые изделия)	80% (Задан в ТЗ на большинство изделия выпуска с 2000 по 2009)	5%	5%

Примечание:

- 1) ТЭР - техническая эксплуатация по ресурсу,
- 2) ТЭО - техническая эксплуатация до отказа,
- 3) ТЭП - техническая эксплуатация до предотказного состояния.

ТЭС (техническая эксплуатация по состоянию) – эксплуатация методом ТЭО или ТЭП

Необходимо отметить, что для некоторых эксплуатируемых изделий БРЭО

документация на капитальный ремонт до конца не разработана, при этом их наработка (продолжительность эксплуатации) близка к установленным межремонтным ресурсам (срокам службы). Одним из решений данной проблемы может быть обоснованный перевод изделия на метод эксплуатации по состоянию. Для вновь разрабатываемого БРЭО обоснование применения методов эксплуатации по состоянию осуществляется в соответствии с положениями соответствующей методики ВВС (выпуск №7301). Обе эти задачи могут быть решены с применением технологий АЛП.

Альтернативой переводу изделий на метод эксплуатации по состоянию является выполнение РТС взамен капитального ремонта (в случае отсутствия документации на капитальный ремонт). АО «РПКБ» приобрётён опыт ремонта по техническому состоянию одного из комплексов в соответствии с требованиями методики ВВС (выпуск №6430). В процессе выполнения РТС изделия классифицируются по группам (от 1 до 5) в зависимости от сложности ремонта (к изделиям первой группы относят изделия с наибольшей трудоёмкостью ремонта, к изделиям 5-й группы – с наименьшей). Методика АЛП также может быть использована для отнесения того или иного изделия к определенной группе РТС.

РТС включает в себя следующие основные этапы: оформление решения, оценка технического состояния БРЭО, оформление перечней обязательных работ, освоение ремонта в производстве, демонтаж компонентов БРЭО с объекта и их ремонт. По опыту АО «РПКБ», стоимость выполнения РТС составляет ~40% от цены нового комплекса. Необходимо отметить, что такая высокая стоимость ремонта обуславливается, в первую очередь, значительным объёмом обязательных доработок изделий, связанных с устареванием их компонентной базы. Это еще раз подчеркивает необходимость решения для БРЭО задач планирования и управления устареванием изделий (в соответствии с ГОСТ Р 56129-2014).

Возможность предприятия выполнять РТС взамен капитального ремонта может рассматриваться как частное решение проблемы с истечением межремонтных ресурсов (сроков службы) эксплуатируемого БРЭО, но ни в коей мере не снижает актуальности решения задач перевода изделий на эксплуатацию по техническому состоянию. Порядок установления для конкретных изделий того или иного метода эксплуатации определён в соответствующей методике ВВС (выпуск №7301). В таблице №2 приведено сравнение задач, решаемых в рамках АЛП (по ГОСТ Р 53392), и работ по методике, изложенной в выпуске №7301.

Таблица №2.

	<b>Анализ логистической поддержки</b>	<b>Методика ТЭС (выпуск №7301)</b>
Цель	Обеспечение заданных ЭТХ при минимизации затрат на ТОиР	Сокращение затрат на эксплуатацию при достижении заданных показателей уровня безопасности полёта, боеготовности, безотказности, эффективности боевого применения.
Основание для проведения работ	ТЗ (для вновь разрабатываемых изделий), Решение (для изделий, находящихся в эксплуатации)	
Порядок выполнения работ, Итоговый документ	1. Разработка стратегии и плана АЛП. 2. Описание сценария использования изделия, 3. Построение логистических структур изделия, 4. Функциональный анализ,	1. Анализ структуры изделий на предмет начальных требований к системе ТОиР. 2. Получение исходных данных по модели эксплуатации ЛА.
	5. Определение параметров надёжности и ремонтпригодности изделий, 6. Анализ видов, последствий и критичности отказов,	3. Проведение анализа отказобезопасности, анализа долговечности и сохраняемости КИ, анализа надёжности, ремонтпригодности, контролепригодности.
	7. Определение состава работ по ТОиР (по методике RCM, MSG-3 или ASD S4000M) 8. Разработка процедур и задач ТОиР	4. Определение способа определения отказа или предотказного состояния, установление допустимых пределов изменения значений показателей надёжности КИ и периодичности их контроля. Определение состава работ по ТОиР.
	9. Оценка потребности в МТО и средствах ТОиР (ЗИП, инструмент, проверочное оборудование, материал), разработка предложений по разработке ЭД	5. Отработка перечня средств наземного обслуживания, средств контроля АТ, Формирование перечня запасных частей и расходных материалов, а также их нормирование. Разработка рекомендаций по корректировке перечней средств наземного обслуживания, контроля и документирования, корректировке ЭД и РД.
	10. Оценка ЭТХ изделия (в т.ч. затрат на техническое обслуживание, коэффициента готовности изделия)	6. Оценка экономического эффекта от перевода ЛА на ТЭС.



Как видно из таблицы, порядок и содержание задач АЛП и работ по методике ВВС (выпуск №7301) являются, по сути, идентичными. Таким образом, для обоснования целесообразности перевода на ТЭС изделия НПК90-2 возможно использовать методы АЛП.

В качестве практической задачи методика АЛП применена нами для оценки двух различных вариантов эксплуатации: 1 вариант - комбинированная эксплуатация НПК90-2 по ТЭС, а серийно-выпускаемых изделий по ТЭР (в соответствии с действующей КД), 2 вариант - эксплуатация НПК90-2 по ТЭС с переводом серийно-выпускаемых изделий на ТЭС.

В настоящее время по двум вышеперечисленным вариантам с использованием программного продукта LSS (НИЦ «Прикладная Логистика») выполнены следующие работы:

1. Сформирована логистическая структура изделия (ЛСИ) и логистическая структура его функций (ЛСФ). Примеры этих структур представлены на рисунках №№1,2.

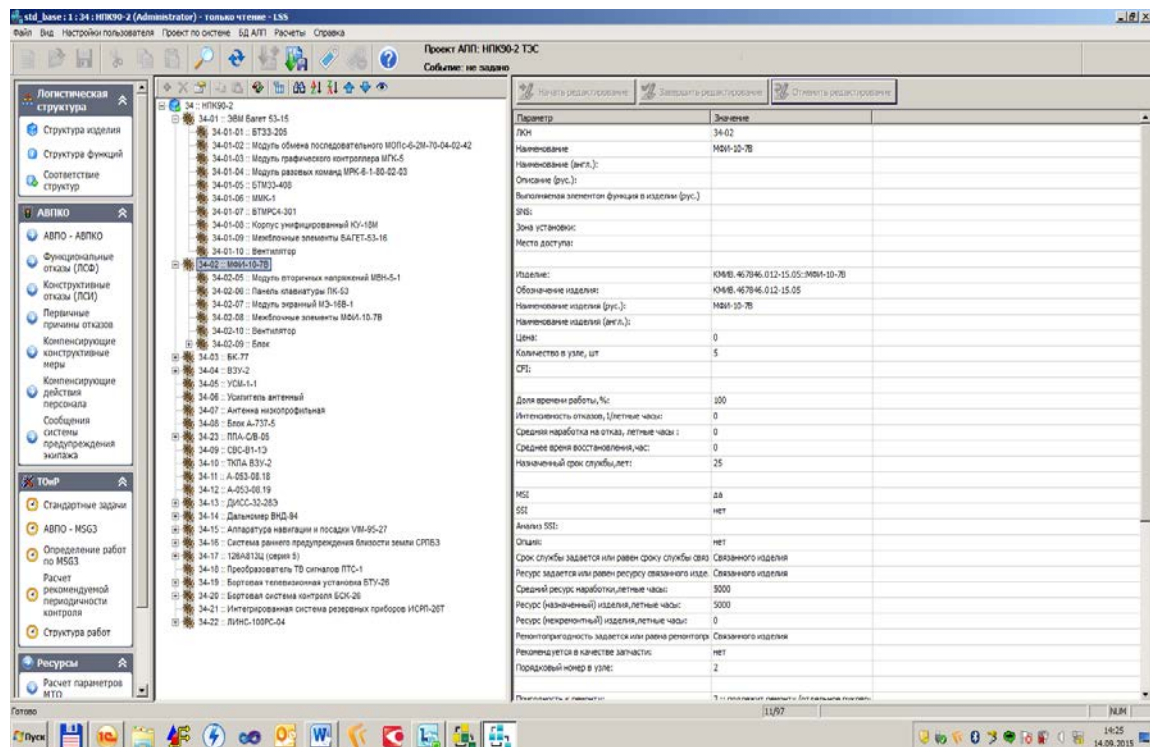


Рисунок 1. Логистическая структура изделия (пример заполнения)

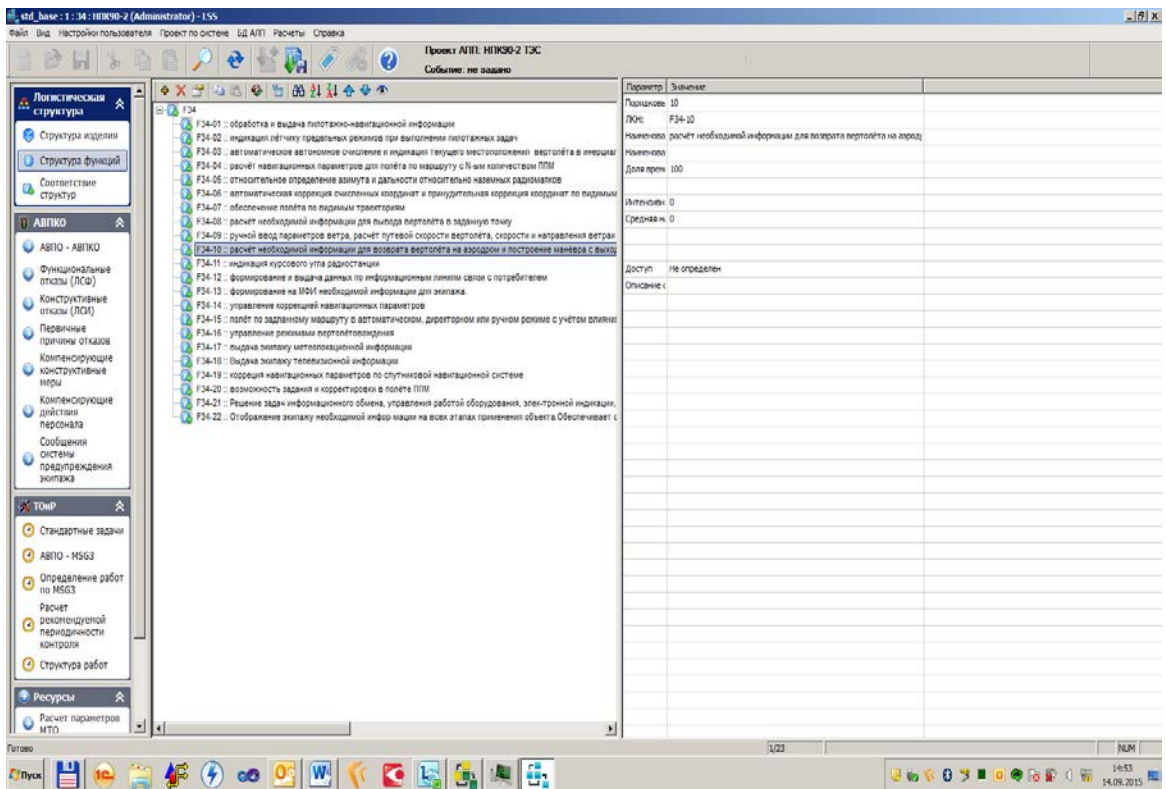


Рисунок 2. Логистическая структура функций (пример заполнения)

2. Выполнен анализ отказобезопасности изделия, по результатам которого установлено, что наихудшим последствием отказов составных частей и систем НК90-2 является «усложнение условий полёта» (УУП).

3. На основе действующей конструкторской документации в базу данных АЛП внесены сведения о составе и периодичности работ при ТОиР (рис. №3).

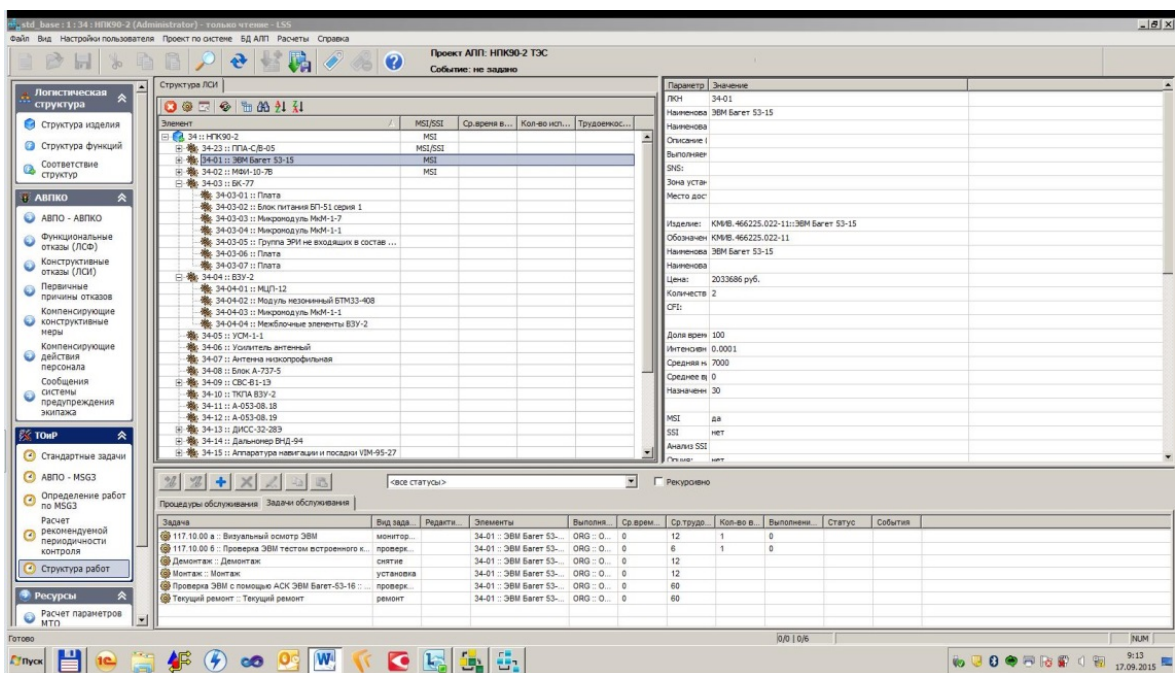


Рисунок №3. Состав работ по ТОиР.



4. На основе введенных сведений рассчитаны объемы начального МТО (рис. №4)

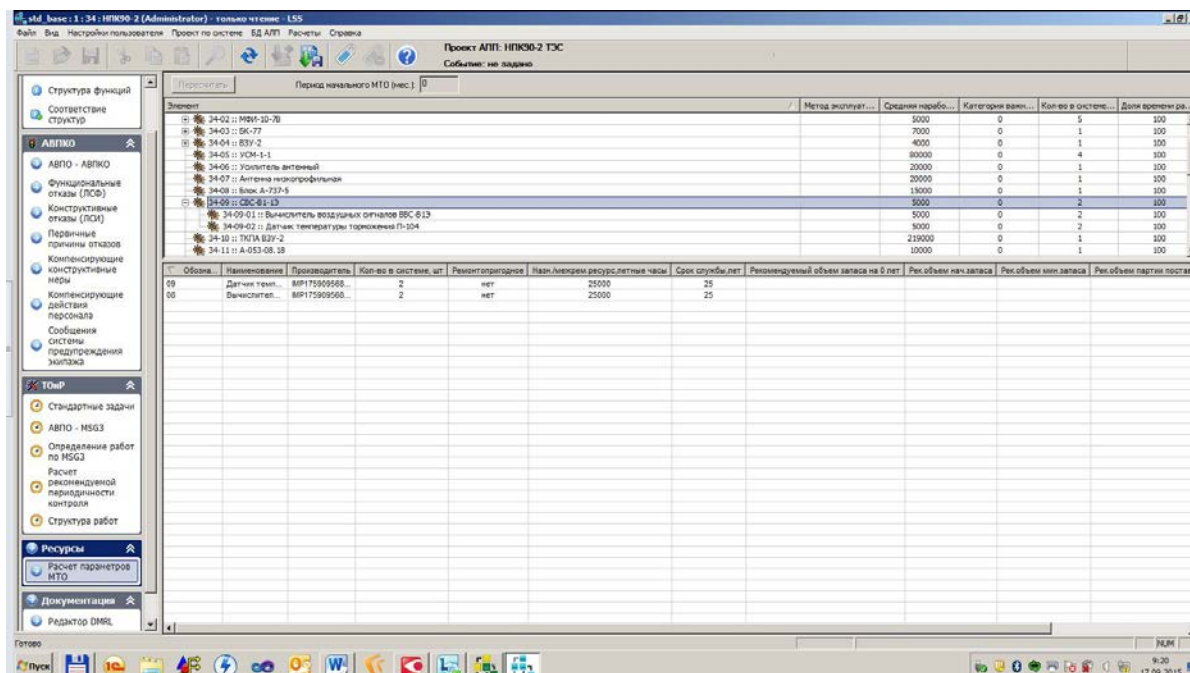


Рисунок 4. Параметры начального МТО для обеспечения ТОиР НПК90-2

При расчёте МТО должна учитываться модель организации системы ТОиР, определяющая объемы ремонта на каждом ее уровне и, соответственно, необходимые для выполнения ремонта средства МТО. Как правило, выделяют две модели организации системы ТОиР (табл. №4).

Для изделий АО «РПКБ» применяются два варианта организации системы ТОиР (табл. №4).

Таблица №4 Модели организации системы ТОиР БРЭО в составе ЛА

№	Двухуровневая система ТОиР	Трёхуровневая система ТОиР
Краткая характеристика	<p><b>1-й уровень:</b> Ремонт изделия в эксплуатирующей организации проводится заменой отказавшего блока.</p> <p><b>2-й уровень:</b> Ремонт блоков осуществляется на заводе-изготовителе или АРЗ (до модуля/элемента).</p>	<p><b>1-й уровень:</b> Ремонт изделия в эксплуатирующей организации проводится заменой отказавшего блока.</p> <p><b>2-й уровень:</b> Ремонт отдельных блоков в СТЦ (ремонтной мастерской) проводится заменой модуля, а в отдельных случаях - элемента.</p> <p><b>3-й уровень:</b> Ремонт третьего уровня</p>

		осуществляется на заводе изготовителе или АРЗ (до модуля/элемента).
Достоинства и недостатки	<p>Меньшие затраты на инфраструктуру ТОиР, простые методы управления запасами в технической аптечке.</p> <p>Высокая стоимость технической аптечки (в силу большого количества запасных блоков).</p>	<p>Высокие затраты на инфраструктуру ТОиР (создание СТЦ). Сложные методы управления запасами (в силу широкой номенклатуры блоков, модулей и элементов).</p> <p>Низкая стоимость технической аптечки (в силу относительно небольшого запаса блоков).</p> <p>Необходимость контроля процессов устаревания изделий для своевременной модернизации оборудования СТЦ.</p>

Выбор того или иного подхода индивидуален и зависит, в первую очередь, от парка ЛА и сценариев их эксплуатации, а также от конструктивных особенностей комплектующих изделий из состава ЛА.

При проведении расчёта по методикам АЛП для варианта 1 выбрана двухуровневая система ТОиР, для варианта 2 трехуровневая система ТОиР (модульный ремонт).

В связи с тем, что программное обеспечение LSS позволяет произвести расчёт затрат на создание инфраструктуры только частично в качестве исходных данных для расчёта указанных затрат может быть использован практический опыт АО «РПКБ» в создании подобных объектов. В качестве одного из примеров может быть рассмотрен процесс создания сервисных технических центров (СТЦ), разворачиваемый в местах эксплуатации и выполняющий, в том числе, работы по модульному ремонту изделий.

Типовой график работ по созданию СТЦ приведён ниже.

№ п/п	Наименование этапа	Срок выполнения этапов (месяц)													
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
1	Изготовление имущества	■	■	■	■	■	■								
2	Разработка РД			■	■	■	■								
3	Изготовление ЗИП			■	■	■	■								
4	Обучение специалистов в РФ							■	■						
5	Разработка технологической части проекта. Строительная часть работ по созданию СТЦ.	■	■	■	■	■	■	■							
6	Доставка и хранение								■	■					
7	Монтаж имущества									■					
8	Техническое содействие. Гарантийное обслуживание										■	■	■	■	

Типовая структура затрат на организацию СТЦ приведена на рисунке № 5. Затраты на строительную часть рассчитаны по аналогии с затратами на создание сборочного производства АО «РПКБ» и составляют, ориентировочно, 20% от стоимости технологического оборудования.

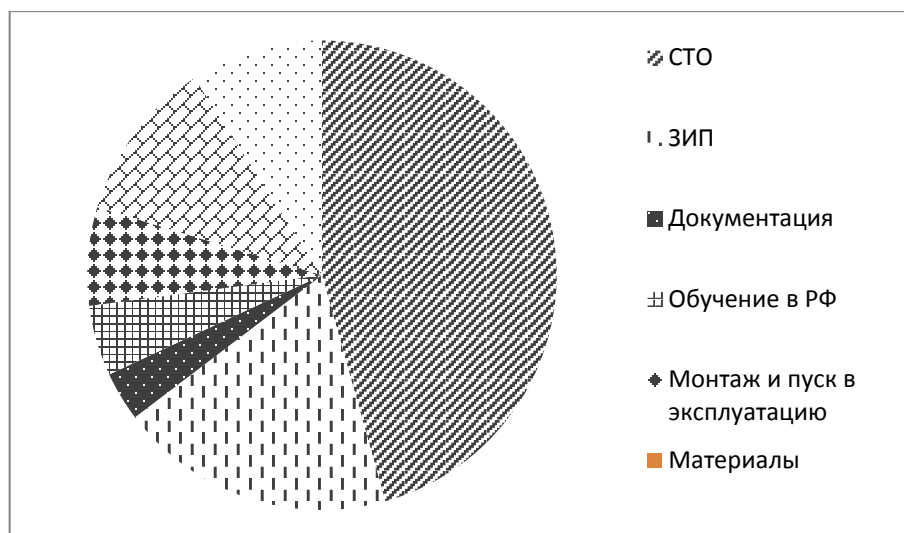


Рисунок №5. Структура затрат на создание СТЦ.

**По итогам АЛП и анализа исходных данных по созданию СТЦ выявлено, что затраты на эксплуатацию по варианту 1 (вариант эксплуатации по действующей КД) на 21% превышают затраты на эксплуатацию по варианту 2 (вариант эксплуатации по ТЭС с организацией модульного ремонта).**

Проведенные АО «РПКБ» работы показывают эффективность рассмотренных в данной статье методов анализа при проектировании систем технической эксплуатации изделий авионики и подтверждают необходимость внедрения технологий ИЛП в практику работы предприятий авиационной промышленности.

Разрабатываемые стандарты по ИЛП в ближайшее время должны найти свое воплощение в ОКР. Вместе с тем в настоящее время можно выделить ряд главных проблем в реальном применении технологий ИЛП.

1. Отсутствие ФЦП и реализуемых по существу пилотных проектов с привлечением основных разработчиков (поставщиков), включая разработчиков СЧ (например, по авионике).

2. Существующие юридические и экономические ограничения по планированию бюджета и реализации контрактов (договоров) ЖЦИ.

3. Отсутствие комплексных инициатив по внедрению технологий ИЛП со стороны заказчика (потребителя) в виде требований ТЗ, контрактов и договоров. Как следствие представление разделов ИЛП, как отдельных, не связанных между собой инструментов (разработка интерактивной документации, АВПКО, отдельных разделов АЛП, «кустарное» применение технологий информационной поддержки процессов ППО (ТО и Р, МТО)).

4. Недостаточно проработанный вопрос создания единого информационного пространства для ИЛП (методическое обеспечение, защищённость данных и каналов, программные средства).

С учётом вышеуказанного, можно отметить прогресс в области разработки нормативной документации по ИЛП и освоению отдельных элементов ИЛП на предприятиях промышленности. В то же время, несмотря на явные преимущества для конечного Потребителя от внедрения технологий ИЛП в процессы ЖЦ изделия, вопрос целесообразности и технической возможности самостоятельного освоения предприятиями промышленности данных технологий в отсутствии соответствующих требований в ТЗ остаётся открытым.

## Литература:

- 1) Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. – М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006.
- 2) Е.В. Судов, А.И. Левин, А.Н. Петров, А.В. Петров, Д.Н. Бороздин Анализ логистической поддержки. Теория и практика. М.: ООО Издательство «Информ-Бюро», 2014.
- 3) ГОСТ Р 53392-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2010.
- 4) ГОСТ Р 53393-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2010.
- 5) Петров А. В. Методы расчета и анализа прямых затрат на техническую эксплуатацию сложной машиностроительной продукции. // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2012. - №1.