

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

А.В. Чмыхов, А.В. Дядищев (АО РПКБ), А.В. Петров (АО НИЦ “Прикладная Логистика”)

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-ти лет АО “РПКБ” является разработчиком дорогостоящих, технически сложных изделий для объектов 4-го и 5-го поколения 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 организация обучения персонала;
- планирование и организация процессов упаковки, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия;
- развитие инфраструктуры системы технической эксплуатации (СТЭ);
- поддержка программного обеспечения и вычислительных средств;
- мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания;

- планирование и организация процессов утилизации изделия и его составных частей.

В качестве базовой технологии 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 “Прикладная логистика”), позволяет:

- сформировать обоснованную программу технического обслуживания и ремонта (ТОиР), перечень планово-предупредительных работ, направленные на обеспечение безопасности полетов летательных аппаратов 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 комплектов 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 помощью автоматизированных средств. Номенклатура сведений, подлежащих мониторингу, определяется требованиями ГОСТ Р 56132-2014 и ГОСТ Р 54089-2010:

- на постоянной основе оформляются отчеты по анализу надежности, АВПКО (анализ видов, последствий и критичности отказов), по отказобезопасности, долговечности и сохраняемости, расчеты потребности в запасных частях, инструменте, принадлежностях и материалах (ЗИП) на этапах ОКР, по анализу надежности покупных комплектующих изделий (ПКИ) и комплексов оборудования по результатам их гарантийного обслуживания, которые также являются элементами АЛП;

- планирование материально-технического обеспечения (МТО) ТООИР в отношении 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 эксплуатационной документации в бумажном виде. Также проведена апробация разработки ЭД в электронном виде с использованием программных продуктов различных производителей по ряду изделий разработки ОАО “РПКБ”;

- в соответствии с требованиями технического задания (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.

Помимо внедрения технологий ИЛП, АО “РПКБ” рассматривает в качестве стратегической задачи применение всего спектра технологий управления жизненным циклом изделий, регламентированным требованиями ГОСТ Р 56135-2014 и выпущенными в 2014 году 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 (ЕИП). По данному разделу можно

сообщить, что большая доля работ, связанных с процессом послепродажного обслуживания, поступает в бумажном виде, что негативно сказывается на оперативности обработки и анализа.

Для решения вышеописанной задачи рядом предприятий авиационной промышленности предпринимаются попытки создания систем информационной поддержки процессов технической эксплуатации – к ним относятся, например, программное обеспечение ИЭСДАТ (ОКБ им. Милы, “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 промышленных предприятий.

При планировании процессов ТООИР вновь разрабатываемой или серийно выпускаемой техники эксплуатант, головной разработчик (исполнитель) ОКР и разработчик бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) сталкиваются с необходимостью выбора наилучшей концепции ТООИР, 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

Табл. 1. Методы эксплуатации БРЭО в составе летательного аппарата (ЛА)

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

Примечания:

1. ТЭР – техническая эксплуатация по ресурсу;
2. ТЭО – техническая эксплуатация до отказа;
3. ТЭП – техническая эксплуатация до предотказного состояния;
4. ТЭС (техническая эксплуатация по состоянию) – эксплуатация методом ТЭО или ТЭП

примере изделий БРЭО, разрабатываемых АО “РПКБ”.

В настоящее время в практике АО “РПКБ” для БРЭО применяются указанные в табл. 1 методы эксплуатации (указано процентное соотношение от общего объема эксплуатируемых изделий).

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

ремонта по техническому состоянию (РТС) взамен капитального ремонта (в случае отсутствия документации на капитальный ремонт). Специалисты АО “РПКБ” приобрели 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 первой группе относят изделия с наибольшей трудоемкостью ремонта, к 5-й группе – 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;
- ремонт.

Табл. 2. Сравнение задач АЛП и ТЭС

	Анализ логистической поддержки	Методика ТЭС (выпуск №7301)
Цель	Обеспечение заданных ЭТХ при минимизации затрат на ТОиР	Сокращение затрат на эксплуатацию при достижении заданных показателей уровня безопасности полета, боеготовности, безотказности, эффективности боевого применения
Основание для проведения работ	<ul style="list-style-type: none"> • 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 надежности и ремонтпригодности изделий. 6. Анализ видов, последствий и критичности отказов.	3. Проведение анализа отказобезопасности, анализа долговечности и сохраняемости КИ, надежности, 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 надежности 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
	11. Подготовка отчетов АЛП	7. Подготовка технического отчета, оформление эксплуатационного бюллетеня для установления ТЭС

По опыту АО «РПКБ», стоимость выполнения РТС составляет ~40% от цены нового комплекса. Надо отметить, что такая высокая стоимость ремонта обусловливается, в первую очередь, значительным объемом 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 того или иного метода эксплуатации для конкретных изделий определен в соответствующей методике ВВС (выпуск №7301). Сравнение задач, решаемых в рамках АЛП (по ГОСТ Р 53392), и работ по методике, изложенной в выпуске №7301, приведено в табл. 2.

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 БРЭО возможно использовать методы АЛП.

В качестве практической задачи методика АЛП была применена нами для оценки двух различных вариантов эксплуатации:

- вариант 1 – комбинированный (эксплуатация изделия БРЭО по ТЭС, а серийно-выпускаемых изделий – по ТЭР, в соответствии с действующей КД);
- вариант 2 – эксплуатация изделия БРЭО по ТЭС с переводом серийно-выпускаемых изделий на ТЭС.

В настоящее время по двум вышеперечисленным вариантам с использованием программного продукта **LSA Suite** (НИЦ «Прикладная логистика») выполнены следующие работы:

- 1 Сформирована логистическая структура изделия (**ЛСИ**) и логистическая структура его функций (**ЛСФ**). Примеры этих структур представлены на рис. 1, 2.
- 2 Выполнен анализ отказобезопасности изделия, по результатам которого установлено, что наихудшим последствием отказов составных частей и систем изделия БРЭО является «усложнение условий полета» (УУП).
- 3 На основе действующей конструкторской документации в базу данных АЛП внесены сведения о составе и периодичности работ при ТОиР (рис. 3).

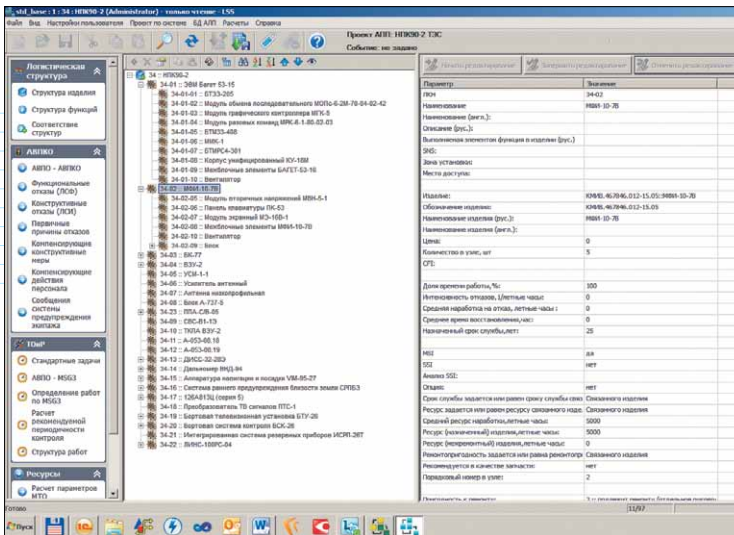


Рис. 1. Логистическая структура изделия (пример заполнения)

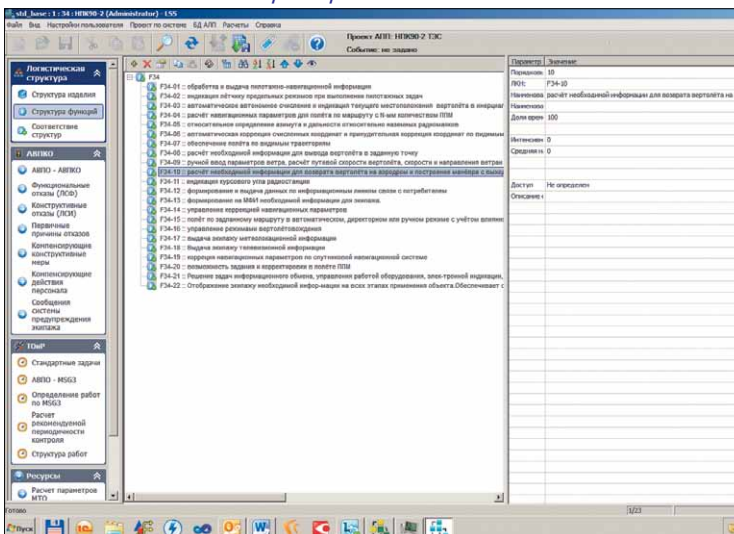


Рис. 2. Логистическая структура функций (пример заполнения)

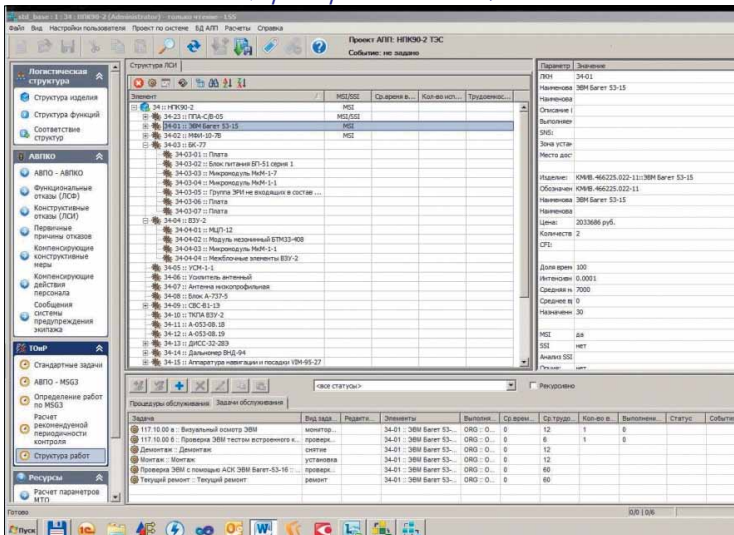


Рис. 3. Состав работ по ТОиР

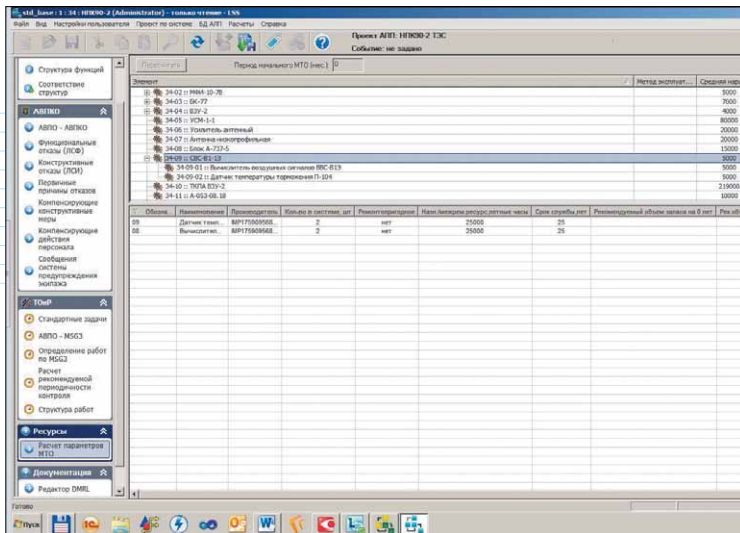


Рис. 4. Параметры начального МТО для обеспечения ТОиР изделия БРЭО

4 На основе введенных сведений рассчитаны объемы начального МТО (рис. 4).

При расчете МТО должна учитываться модель организации системы ТОиР, определяющая объемы ремонта на каждом её уровне и, соответственно, необходимые для выполнения ремонта средства МТО.

Как правило, выделяют две модели организации системы ТОиР, двухуровневую и трехуровневую; для изделий АО “РПКБ” применяются обе (табл. 3).

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 расчета по методикам АЛП для варианта 1 выбрана двухуровневая система ТОиР, для варианта 2 – трехуровневая (модульный ремонт).

Табл. 3. Модели организации системы ТОиР БРЭО в составе ЛА

	Двухуровневая система ТОиР	Трехуровневая система ТОиР
Краткая характеристика	<p>1-й уровень: Ремонт изделия в эксплуатирующей организации проводится заменой отказавшего блока;</p> <p>2-й уровень: Ремонт блоков осуществляется на заводе-изготовителе или на авиационном ремонтном заводе (до модуля/элемента)</p>	<p>1-й уровень: Ремонт изделия в эксплуатирующей организации проводится заменой отказавшего блока;</p> <p>2-й уровень: Ремонт отдельных блоков в СТП (ремонтной мастерской) проводится заменой модуля, а в отдельных случаях – элемента;</p> <p>3-й уровень: Ремонт 3 уровня осуществляется на заводе изготовителе или АРЗ (до модуля/элемента)</p>
Достоинства и недостатки	<ul style="list-style-type: none"> • Меньшие затраты на инфраструктуру ТОиР, простые методы управления запасами в технической аптечке; • Высокая стоимость технической аптечки (в силу большого количества запасных блоков). 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокие затраты на инфраструктуру ТОиР (создание СТП), сложные методы управления запасами (в силу широкой номенклатуры блоков, модулей и элементов); • Низкая стоимость технической аптечки (в силу относительно небольшого запаса блоков); • Необходимость контроля процессов устаревания изделий для своевременной модернизации оборудования СТП.

Табл. 4. Типовой график работ по созданию СТП

№ п/п	Наименование этапа	Срок выполнения этапа (месяцы)													
		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. Строительные работы														
6	Доставка и хранение														
7	Монтаж имущества														
8	Техническое содействие. Гарантийное обслуживание имущества СТП.														

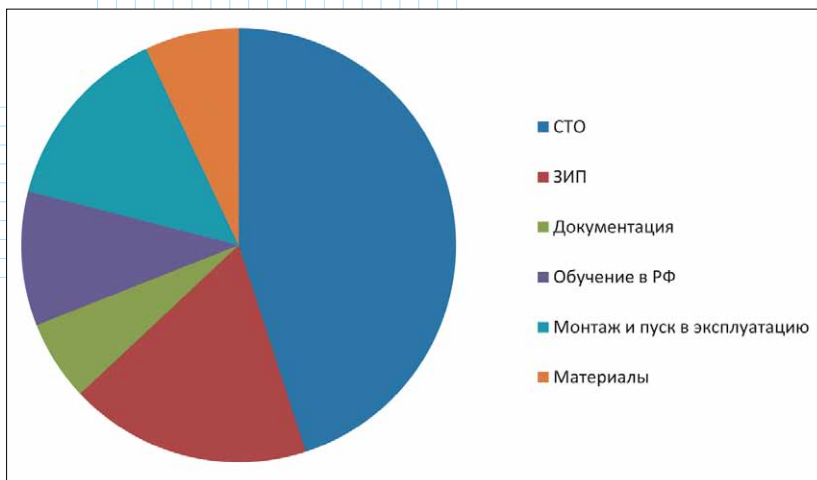


Рис. 5. Структура затрат на создание СТЦ

В связи с тем, что программное обеспечение *LSA Suite* позволяет рассчитать затраты на создание инфраструктуры только частично, в качестве источника исходных данных для расчета указанных затрат может быть использован практический опыт АО «РПКБ» в создании подобных объектов.

Для примера рассмотрим процесс создания сервисных технических центров (СТЦ), разворачиваемых в местах эксплуатации и выполняющих, в том числе, работы по модульному ремонту изделий. Типовой график работ по созданию СТЦ отражает табл. 4.

Типовая структура затрат на организацию СТЦ приведена на рис. 5. Затраты на строительную часть рассчитаны по аналогии с затратами на создание сборочного производства АО «РПКБ» и составляют, ориентировочно, 20% от стоимости технологического оборудования.

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

Заключение

Проведенные коллективом АО «РПКБ» работы показывают эффективность рассмотренных в 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 федеральных целевых программ и реализуемых по существу пилотных

проектов с привлечением основных разработчиков (поставщиков), включая разработчиков составных частей (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 (ТОиР, МТО)).

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

С учетом вышеуказанного, можно отметить прогресс в области разработки нормативной документации по ИЛП и освоению отдельных элементов ИЛП на предприятиях. В то же время, несмотря на явные преимущества для конечного потребителя от внедрения технологий ИЛП в процессы ЖЦИ, вопрос целесообразности и технической возможности самостоятельного освоения предприятиями этих технологий в отсутствие соответствующих требований в ТЗ остается открытым. ☹

Литература

1. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. Москва: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006.
2. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.Н., Петров А.В., Бороздин Д.Н. Анализ логистической поддержки. Теория и практика. Москва: ООО Издательство «Информ-Бюро», 2014.
3. ГОСТ Р 53392-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2010.
4. ГОСТ Р 53393-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения. Москва: 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.