

НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика»

д.т.н. А.И Левин, Чубарова Е.В.

тел./факс: (095) 955-5137; e-mail: info@cals.ru

Методы логистического анализа машиностроительной продукции

Логистический анализ (ЛА) является одним из важнейших элементов интегрированной логистической поддержки (ИЛП). Он представляет собой формализованную технологию всестороннего исследования как самого изделия, так и вариантов системы его эксплуатации и поддержки. Как ИЛП в целом, ЛА направлен на минимизацию затрат на жизненный цикл изделия (ЖЦИ) при обеспечении требуемых техническим заданием параметров надежности, готовности, ремонтпригодности и общей эффективности.

Согласно требованиям зарубежных стандартов ЛА должен начинаться еще до начала проектирования, т.е. на стадии определения требований к изделию, и продолжаться подчас до завершения процесса его использования. Последнее необходимо для оценки правильности результатов предыдущих этапов ЛА и накопления статистического материала, служащего основой анализа новых проектов. Процесс ЛА носит циклический, итеративный характер: на каждом последующем этапе уточняются и развиваются результаты предыдущего этапа.

Документ [2] содержит перечень задач ЛА, который приведен в табл. 1 в укрупненном виде. В стандарте особо отмечается, что выполнение всех перечисленных задач не является обязательным требованием, т.к. единой схемы для проведения ЛА не существует. Для каждого проекта необходим индивидуальный подход.

Табл. 1.

Группа задач	Назначение группы задач	Задачи
100 – Планирование и управление работами по ЛА	Обеспечение формализованных действий по планированию ЛА и экспертизе программы ЛА и проекта изделия	101 Разработка предварительной стратегии ЛА
		102 Планирование ЛА
		103 Экспертиза проекта изделия в ходе выполнения программы (плана) ЛА
200 – Служебное назначение изделия и система поддержки его эксплуатации	Формирование требований к системе поддержки и связанных с ней требований к проекту на основе сравнения с существующими аналогами	201 Изучение опыта эксплуатации и обслуживания
		202 Стандартизация элементов изделия и системы поддержки эксплуатации и обслуживания
		203 Сравнительный анализ
		204 Технологические решения
		205 Поддерживаемость и связанные с ней параметры проекта
300 – Подбор и оценка альтернатив	Разработка системы, обеспечивающей оптимальный баланс затрат, сроков и характеристик поддерживаемости	301 Функциональные требования
		302 Варианты системы поддержки
		303 Оценка альтернатив и выбор решений
400 Разработка требований к ресурсам логистической поддержки	Определение требований к ресурсам логистической поддержки	401 Оценка потребных ресурсов для обеспечения логистической поддержки

логистической поддержки	поддержки, разработка планов постпроизводственной поддержки	402 Предварительная оценка результатов использования (боевого применения) изделия
		403. Анализ постпроизводственной поддержки
500 Оценка поддерживаемости	Проверка выполнения заданных требований и устранение недостатков	501 Испытания, оценка и проверка поддерживаемости

Выбор задач ЛА, актуальных для конкретного проекта, является очень важным с точки зрения ценовой эффективности анализа и зависит от следующих факторов:

1. **Договоренность между поставщиком и заказчиком.** Требования стандартов в области логистической поддержки не являются обязательными для исполнения, а носят рекомендательный характер, поэтому перечень задач ЛА в наибольшей степени зависит от того, какую информацию желает получить заказчик и что может предложить поставщик.

2. **Вид поставляемой продукции.** ЛА может и должен проводиться не только для вновь разрабатываемых систем, но и для уже готовых проектов и даже для изделий, закупаемых на стороне. Если изделие полностью разрабатывается в рамках данного проекта, то ЛА является более полным и может сильно влиять на процесс проектирования. Для неразрабатываемого в рамках данного проекта изделия ЛА может касаться аспектов монтажа, ввода в эксплуатацию и, в минимальной степени, конструкции. Для закупаемых изделий может потребоваться проведение минимального ЛА для получения информации, необходимой для создания или корректировки системы логистической поддержки в рамках данного проекта. Также ЛА может быть проведен для сравнения предложений нескольких поставщиков и выбора наилучшего с точки зрения затрат на поддержку.

3. **Наличие статистической информации по данному или аналогичному типу продукции.** Некоторые задачи ЛА напрямую связаны с использованием информации по аналогам и должны выполняться только в том случае, если имеется точная и существенная информация по эксплуатации аналогичных систем.

4. **Стадия проекта.**

5. **Свобода проектирования.** Многие задачи ЛА направлены на изменение конструкции изделия или организации системы поддержки с целью улучшения показателей поддерживаемости и снижения стоимости ЖЦ. Для контрактов, требующих использования готовых проектных решений, компонентов или оборудования (это, как правило, военные контракты), выполнение таких задач не принесет заметных результатов, а приведет только к ненужным временным и денежным тратам.

6. **Ограничения по времени и финансированию.** Если есть существенные ограничения по времени и/или финансированию проекта, то возможно избирательное выполнение задач ЛА по предварительному соглашению между заказчиком и поставщиком.

ЛА не может и не должен проводиться как отдельное, изолированное мероприятие, так как требуется непосредственное участие всех сторон поставки: поставщика (главного подрядчика), субподрядчиков, поставщиков комплектующих и материалов, инженерного персонала эксплуатанта и заказчика. Субподрядчик по требованию может провести частичный или полный ЛА в отношении поставляемой им продукции. Также он должен предоставить всю необходимую информацию, касающуюся поставляемого оборудования (стоимость запчастей, затраты на капитальный ремонт и т.д.). Инженерная информация может включать в себя спецификации, чертежи, структурные схемы изделия, расчеты и т.д. Покупатель может предоставить описание условий будущей эксплуатации и имеющихся у него средств логистической поддержки. В зарубежной литературе документ, содержащий сведения такого рода, получил название «изучение использования» (use study). Этот документ содержит технические и экономические данные, касающиеся организации - эксплуатанта и требований к функционированию изделия:

- требования по мобильности нового изделия;

- сценарии, частота, продолжительность использования нового изделия по назначению;
- поддерживаемость программного обеспечения;
- взаимодействие с другими системами;
- среда функционирования;
- трудовые ресурсы и ограничения и т.д.

Эта информация будет в дальнейшем использоваться для анализа уровней ремонта и вариантов конструкции и системы поддержки.

Так как ЛА требует взаимодействия большого количества разнородных организаций и использования средств автоматической обработки данных, необходимо обязательное представление всей используемой информации в едином стандартизованном виде. В [2] и [3] для этих целей используется понятие «Элемент данных» (data element) или «Определение элемента данных - ОЭД» (DED – Data Element Definition). Результаты ЛА должны храниться в специализированной базе данных - БД ЛА (Logistic Support Analysis Records/LSAR). Согласно [2] и [3], БД ЛА состоит из 104 таблиц, содержащих следующие результаты ЛА:

Таблицы типа А: требования по эксплуатации и обслуживанию;

Таблицы типа В: показатели требуемого уровня обслуживания (RMA), данные причинно-следственного анализа возможных отказов (FMECA), результаты анализа ремонтпригодности изделия;

Таблицы типа С: выполняемые задачи, анализ выполняемых задач, данные по персоналу и поддержке эксплуатации;

Таблицы типа Е: данные о вспомогательном и учебном оборудовании, учебных материалах;

Таблицы типа F: данные об инфраструктуре для поддержки эксплуатации;

Таблицы типа G: требования к квалификации персонала;

Таблицы типа U: тестируемые узлы и агрегаты, данные по тестированию;

Таблицы типа X: требования к организации перекрестных ссылок между таблицами.

Базовым средством реализации БД ЛА должна быть PDM-система (система управления данными об изделии), а одна из важнейших организационно-методических задач - гармонизация кодовых обозначений, применяемых при ЛА, с обозначениями, используемыми при разработке конструкторской документации. Можно предположить, что при соответствующей организации процессов проектирования и ЛА, как его компоненты, эти обозначения могут быть едиными.

Результаты ЛА используются многими участниками разных стадий ЖЦ в форме стандартных отчетов. Отчеты формируются посредством композиции ОЭД, относящихся к различным таблицам БД ЛА, в новые таблицы, объединяемые в отчет по тем или иным содержательным признакам. Фрагмент списка отчетов, предусмотренных [2], приведен в табл.2.

Табл. 2

Номер отчета	Английское название отчета	Русское название отчета
LSA - 001	Man-Hours by Skill Speciality Code and Level of Maintenance.	Определение количества человеко-часов для специальностей, удовлетворяющих определенным квалификационным требованиям и уровням обслуживания.
LSA - 003	Maintenance Summary.	Сводные данные по обслуживанию.
LSA - 004	Maintenance Allocation Chart Summary.	Карта распределения работ по техническому обслуживанию.
LSA - 007	Support Equipment Requirements.	Требования к оборудованию поддержки.
LSA - 010	Spare and Repair Parts Summary.	Сводная ведомость запасных и ремонтных частей.
LSA - 011	Special Training Equipment/Device Summary.	Сводная ведомость специального обучающего оборудования/устройств.
LSA - 014	Training Task List.	Перечень задач, для выполнения которых рекомендовано обучение.
LSA - 016	Preliminary Maintenance Allocation Chart (PMAC).	Предварительная карта распределения работ по техническому обслуживанию.
LSA - 018	Task Inventory Summary.	Сводный перечень задач.
LSA - 024	Maintenance Plan.	План обслуживания.
LSA - 027	Failure/Maintenance Rate Summary.	Ведомость интенсивности отказов/обслуживания.

LSA - 030	Indentured Parts List.	Согласованный перечень запасных частей.
LSA - 033	Preventive Maintenance Checks and Services (PMCS).	Сервисные и контрольные операции планового обслуживания.
LSA - 036	Provisioning Requirements.	Требования к МТО.
LSA - 039	Critical and Strategic Item Summary.	Сводная ведомость критических и стратегически важных элементов (изделий).
LSA - 046	Nuclear Hardness Critical Item Summary.	Сводка данных об изделиях, критичных к ядерному воздействию.
LSA - 050	Reliability-Centred Maintenance (RCM) Summary.	Сводный отчет об обслуживании, обеспечивающем надежность.
LSA - 056	Failure Modes Effects and Criticality Analysis (FMECA) Report.	Отчет об анализе видов, последствий и критичности отказов (АВПКО).
LSA - 058	Reliability Availability and Maintainability Summary.	Сводный отчет по надежности, готовности и пригодности к обслуживанию.
LSA - 070	Support Equipment Recommendation Data (SERD).	Рекомендации по применению оборудования поддержки.
LSA - 071	Support Equipment Candidate List.	Перечень оборудования, нуждающегося в поддержке.
LSA - 072	Test Measurement and Diagnostic Equipment (TMDE) Requirements Summary.	Требования к испытательному, измерительному и диагностическому оборудованию.
LSA - 074	Support Equipment Tool List.	Перечень инструментов и оборудования для поддержки.
LSA - 075	Consolidated Manpower, Personnel and Training Report.	Объединенный отчет о требующихся трудовых ресурсах, персонале и обучении.
LSA - 078	Hazardous Materials Summary.	Сводная ведомость опасных материалов.
LSA - 080	Bill of Materials.	Спецификация материалов (материальных средств).
LSA - 126	Hardware Generation Breakdown Tree.	Дерево разбиения структуры изделия на элементы.
LSA - 154	Provisioning Parts Breakout Summary.	Сводная ведомость поставляемых деталей.
LSA - 606	Reliability-Centred Maintenance (RCM).	Обслуживание, обеспечивающее надежность.
LSA - 608	Preventive Maintenance Summary (PMS).	Сводный отчет по плановому обслуживанию.
LSA - 612	Component Repair Plans Summary (CRPS).	Сводный план ремонта компонентов.
LSA - 624	Support Equipment Report (SER).	Отчет по оборудованию поддержки.
LSA - 648	Provisioning (AECMA 2000M Related Data) Report.	МТО (информация, относящаяся к АЕСМА 2000М).
LSA - 650	NATO Codification (AECMA 2000M Related Data) Report.	Кодификация НАТО (информация, относящаяся к АЕСМА 2000М).
LSA - 652	Illustrated Parts Catalogue (AECMA 2000M Related Data) Report.	Иллюстрированный каталог запчастей (информация, относящаяся к АЕСМА 2000М).
LSA - 662	Preventive Maintenance Actions for Items in Store.	Операции планового обслуживания для изделий на складе.
LSA - 672	Software Engineering Report.	Отчет о разработке программного обеспечения.
LSA - 674	Electronic Documentation Requirements Report (AECMA S1000D).	Требования к электронной документации (АЕСМА S1000D).

Процесс ЛА можно условно разделить на 3 стадии (рис 1.): подготовительная, основная и заключительная.

В ходе подготовительной стадии создается (информационный) фундамент для логистического анализа разрабатываемого изделия и решаются следующие основные задачи:

- разработка стратегии и плана ЛА (согласно [2], задачи 101 и 102);
- формирование требований к системе ИЛП и связанных с ней требований к проекту (конструкции изделия) на основе сравнения с существующими аналогами (задачи группы 200);
- разработка и документирование процедур экспертизы (корректировки) проекта (задача 103).

Основная стадия связана с непосредственным анализом разрабатываемого изделия и включает в себя следующие задачи:

- корректировка проектных решений, направленная на обеспечение эффективной эксплуатации;
- разработка проекта системы ИЛП, обеспечивающей оптимальное соотношение затрат, сроков реализации и характеристик «поддерживаемости» (Supportability) (задачи группы 300);

- определение потребности в ресурсах для ИЛП, разработка планов постпроизводственной поддержки (задачи группы 400).

Заключительная стадия содержит оценку и проверку достигнутых показателей эффективности системы ИЛП (задачи группы 500), подготовку данных для других программ ИЛП.

Такое деление является условным, т.к. процесс ЛА является итеративным, и на любом этапе могут уточняться результаты предыдущего этапа и вноситься необходимые изменения.

Подготовительная стадия

Перед тем, как приступить непосредственно к анализу разрабатываемого изделия, поставщик должен разработать план ЛА на основании предполагаемой конструкции, концепции обслуживания, требований к показателям поддерживаемости, подходов к функционированию и других требуемых характеристик разрабатываемого изделия. План ЛА должен содержать (пункты, отмеченные * не являются обязательными):

1. Перечень применяемых задач ЛА с описанием особенностей выполнения каждой задачи относительно данного проекта.

2. График выполнения задач ЛА с указанием точек начала и завершения каждого действия.

3. Исполнителей каждой задачи ЛА, описание структуры управления, контроля и ответственностей.

4. Описание взаимосвязей действий ЛА с другими применяемыми программами (процессами) ИЛП и со стадиями проекта.

5. Список и критерий выбора изделий-кандидатов, в отношении которых будет проводиться ЛА. Перечень изделий, не рекомендованных к проведению анализа, и обоснование каждого решения.

6. Описание системы контрольной нумерации (кодирования), используемой при реализации ЛА.

7. Данные, предоставляемые государственными службами (при выполнении поставок военной техники).*

8. Описание автоматизированной системы сбора и обработки данных ЛА. Описание БДЛА.

9. Требования к закупаемым материалам и материальным средствам, включая оборудование поддержки.*

10. Аспекты, касающиеся технической стороны проведения ЛА (доведение информации до исполнителей, обмен информацией между участниками проекта, контроль изменений, разрешение проблем).

Полнота и точность сведений, содержащихся в плане ЛА, зависит от стадии проекта. При подготовке контракта разрабатывается предварительный план на основе имеющейся информации. На более поздних стадиях план дополняется, информация детализируется и конкретизируется.

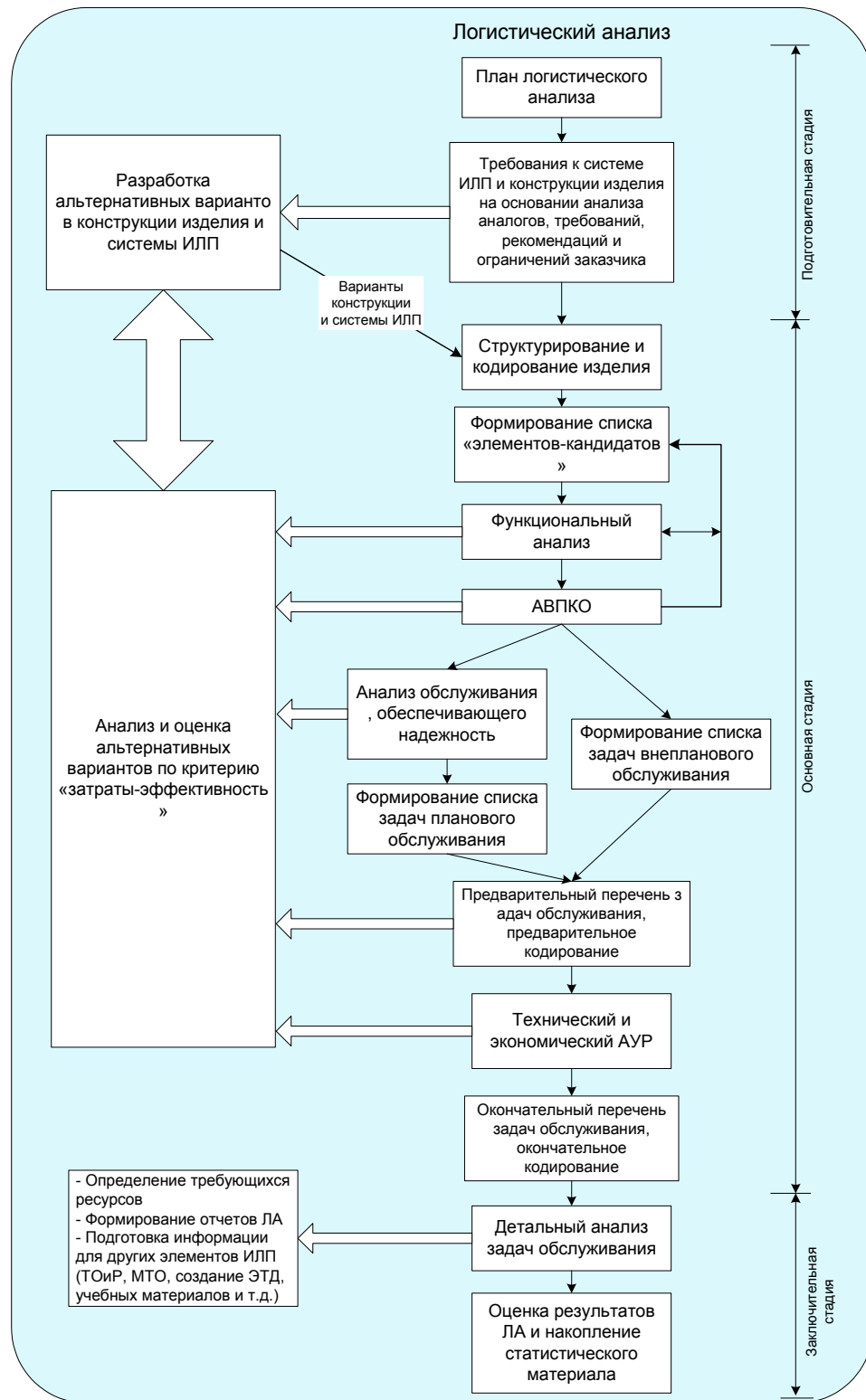


Рис. 1. Общая структура ЛА.

Следующим этапом является формулирование требований к системе ИЛП, предварительные оценки характеристик поддерживаемости изделия (задачи группы 200), в т.ч.:

- показать результаты анализа опыта эксплуатации, обслуживания и поддержки изделий - аналогов;
- показать, как в проекте будут учтены ограничения на логистические ресурсы, какие стандартные элементы и системы поддержки будут использованы;
- представить данные по изделиям – аналогам и характеристикам их поддерживаемости;
- представить предложения по конструктивным решениям, направленным на улучшение поддерживаемости по сравнению с существующим изделием - аналогом;
- показать, как и какие параметры изделия будут изменены в процессе проектирования для улучшения характеристик поддерживаемости.

Также на этом этапе поставщик может представить предварительные результаты анализа и оптимизации вариантов системы логистической поддержки по критерию «затраты - эффективность» (задачи группы 300). Дать предварительные оценки ресурсов, необходимых для логистической поддержки изделия, и сопоставить их с располагаемыми ресурсами для выявления дефицитов (задачи группы 400).

Основная стадия ЛА.

Структурирование изделия. В основе организации работ по ЛА лежит процедура структурирования конечного изделия, т.е. разбиение его на функциональные и физические компоненты, оказывающие влияние на надежность и работоспособность и, в конечном счете, на поддерживаемость изделия. Для уникальной идентификации каждого компонента при таком структурировании в [2] и [3] используется группа логистических кодов (LCN Group), которая включает в себя:

1. Код (акроним) конечного изделия (End Item Acronym Code – EIAC, DED 096). Код, уникально идентифицирующий систему или конечное изделие.
2. Логистический контрольный номер – ЛКН (Logistic Control Number – LCN, DED 199). Этот код, совместно с двумя следующими кодовыми обозначениями, уникально идентифицирует компонент или функцию системы или конечного изделия.
3. Тип ЛКН (LCN Type, DED 203). Указывает, является ли данное разбиение функциональным или физическим.
4. Альтернативный логистический номер – АЛН (Alternative LCN – ALC, DED 019). Код, присваиваемый каждому исполнению одного компонента.

Такая система нумерации в совокупности с так называемыми кодами применения (Usable On Code – UOC, DED 501) обеспечивает однозначную идентификацию всех видов элементов конструкции:

- элементов, проектируемых в процессе создания изделия;
- элементов, заимствованных из предыдущих разработок (так называемые «неразрабатываемые изделия»);
- покупных комплектующих изделий и т.д.

В процессе разработки изделия использование АЛН необходимо при анализе альтернативных вариантов конструкции. После утверждения базовой конструкции, лишние варианты удаляются из базы данных. На стадии изготовления и эксплуатации АЛН и код применимости используются для идентификации различных конфигураций/моделей конечного изделия. Корректное и строго упорядоченное назначение этих кодов повышает удобство использования БДЛА.

Структурирование сложного изделия рекомендуется начинать на функциональном уровне, т.к. это позволяет на раннем этапе вносить информацию в БДЛА, когда конструкция еще не определена. Для простого изделия разбиение на функциональные блоки, как правило, не применяется, т.к. в таких системах функциональные и физические элементы совпадают. Для сложных систем долгосрочные выгоды от применения двойного кодирования, как правило, превышают краткосрочную выгоду от использования одного метода кодирования (простой системы кодирования). Для предотвращения коллизий, которые могут возникнуть при таком двойном кодировании, с помощью специальных таблиц (входящих в группу X) и по установленным правилам в БДЛА устанавливаются перекрестные ссылки между кодами

«физических» и «функциональных» элементов. Это позволяет уточнить и конкретизировать последствия отказов тех или иных элементов, их влияние на общее техническое состояние и готовность изделия к выполнению своего служебного назначения. Создание перекрестных ссылок рекомендуется проводить как можно позднее и очень осторожно. Рекомендуется сначала проводить эту работу на копии БДЛА, и только после утверждения и проверки корректности всех связей переносить их на реальную БДЛА.

ЛА не может и не должен проводиться для всех элементов, входящих в структуру изделия. Из полного «дерева» конструкции изделия выделяются только те элементы, отказы которых могут в наибольшей степени повлиять на работоспособность и поддерживаемость изделия в целом. Они образуют отдельный список «элементов – кандидатов» (ЭК) на проведение ЛА. Для таких элементов проводятся подробные расчеты показателей надежности. Как правило, выделение «элементов - кандидатов» начинается с анализа функциональной структуры изделия, определения основных ЭК. Затем, при появлении новой информации, функциональная и физическая структуры изделия анализируются более глубоко, пересматриваются первоначальные оценки и формируется окончательный список ЭК.

Функциональный анализ. После того, как изделие структурировано и выделены все или часть элементов-кандидатов, начинается функциональный анализ разрабатываемой системы. На данном этапе определяются задачи функционирования и обслуживания, которые будут иметь место при использовании нового изделия по назначению, и документируются риски, связанные с невыполнением описанных задач. Идентифицируются требования к персоналу, обеспечивающему эксплуатацию, техническое обслуживание и другие виды поддержки изделия. Особое внимание должно уделяться уникальным для данного класса (типа) изделий функциональным требованиям, и задачам, являющимся ключевыми для параметров поддерживаемости, затрат, готовности к применению. В качестве перспективных рекомендуется, в первую очередь, рассматривать варианты конструкции, в которых сокращены или упрощены функции, требующие больших ресурсов логистической поддержки.

Задачи функционирования (эксплуатационные задачи) нового изделия должны определяться на основании анализа функциональных требований к новой системе, служебного назначения, условий эксплуатации и других данных, предоставленных заказчиком. Задачи планового и внепланового технического обслуживания (ТО) определяются по результатам анализа видов и последствий (и критичности) отказов (АВПО, АВПКО) и анализа обслуживания, обеспечивающего (гарантирующего) надежность (ООН).

В процессе выполнения этих работ создается перечень задач по эксплуатации и обслуживанию нового изделия. Детализация этого перечня и всего функционального анализа в целом зависит от стадии проекта, уровня разработки конструкции и концепции применения нового изделия.

Перечень задач, согласно [2], должен содержать следующие данные:

- название операции,
- объект, в отношении которого выполняются действия,
- уникальное описание операции.

В перечне не требуется указание квалификации персонала и необходимого инструмента.

АВПКО (FMESA). Анализ видов, последствий и критичности отказов является одним из наиболее распространенных видов анализа надежности. За рубежом широкое распространение получил военный стандарт для проведения такого анализа [4]. В России существует ГОСТ 27.310-95 «Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения».

Для разных областей промышленности существуют разные вариации такого анализа, но его назначение остается постоянным. Смысл анализа заключается в систематическом анализе конструкции разрабатываемой системы для выявления потенциальных видов отказов компонентов или всей системы. Идентифицируются причины отказов и их последствия для узлов и/или систем верхнего уровня и конечного изделия в целом. Во внимание принимаются все фазы использования конечного изделия. Анализ видов и последствий отказов носит качественный характер (т.е. определяется, что, как, почему и с какими последствиями может отказать), в то время как анализ видов, последствий и *критичности* отказов дополняет эти данные количественными характеристиками: критичность отказа, вероятность возникновения отказа или причины отказа и ряд других параметров.

АВПКО должен начинаться на самых ранних стадиях проекта, когда известны только функциональные требования к новому изделию (функциональный АВПКО), и проводится вплоть

до окончания проектирования изделия (физический АВПКО). Проведение такого анализа создает фундамент (информационную основу) для анализа надежности, поддерживаемости, безопасности системы.

Анализ обслуживания, обеспечивающего надежность (ООН). В английской транскрипции: Reliability Centered Maintenance – RCM. Это методика определения набора операций планового обслуживания и оптимальных интервалов между ними. Основное назначение этого анализа – создание такого графика обслуживаний конечного изделия, точное выполнение которого будет гарантировать требуемую надежность системы. Принятыми стандартами выполнения такого анализа являются [6] и [7]. Источником информации для анализа ООН является АВПКО, идентифицирующий компоненты, критичные в отношении надежности и готовности конечного изделия.

Для проведения анализа ООН используются логические диаграммы, содержащие вопросы, ответы на которые помогают в формировании графика планового обслуживания.

Применение АВПКО и анализа ООН на ранних стадиях проекта помогает относительно легко и без особых затрат выявить и устранить места, критичные для поддерживаемости. Сделать это на более поздних стадиях будет намного сложнее и дороже.

Анализ уровней ремонта (АУР). **В английской транскрипции: Level of Repair Analysis-LORA.** *АУР является инструментальным средством для создания системы обслуживания, основанной на рациональном использовании денежных средств. Процесс АУР состоит из двух этапов. Первый этап заключается в определении того, где должно ремонтироваться изделие (распределение работ по организационным уровням, например, работы, выполняемые силами оператора (эксплуатирующего персонала), силами ремонтной бригады завода-эксплуатанта, силами ремонтных предприятий или завода – изготовителя), а второй – до какого уровня (момента) изделие должно ремонтироваться на этом этапе.*

В рамках АУР рассматриваются задачи обслуживания, определенные при проведении функционального анализа, АВПКО и анализа ООН.

Согласно [8], АУР начинается с технической части (технического АУР). Разрабатывается алгоритм анализа, состоящий из некоторого количества вопросов. Примерный алгоритм приведен на рис. 2.

Выполнение данного алгоритма для всех элементов, требующих анализа, приведет к выработке стратегии обслуживания и определению наиболее подходящего уровня ремонта для каждой задачи внепланового обслуживания.

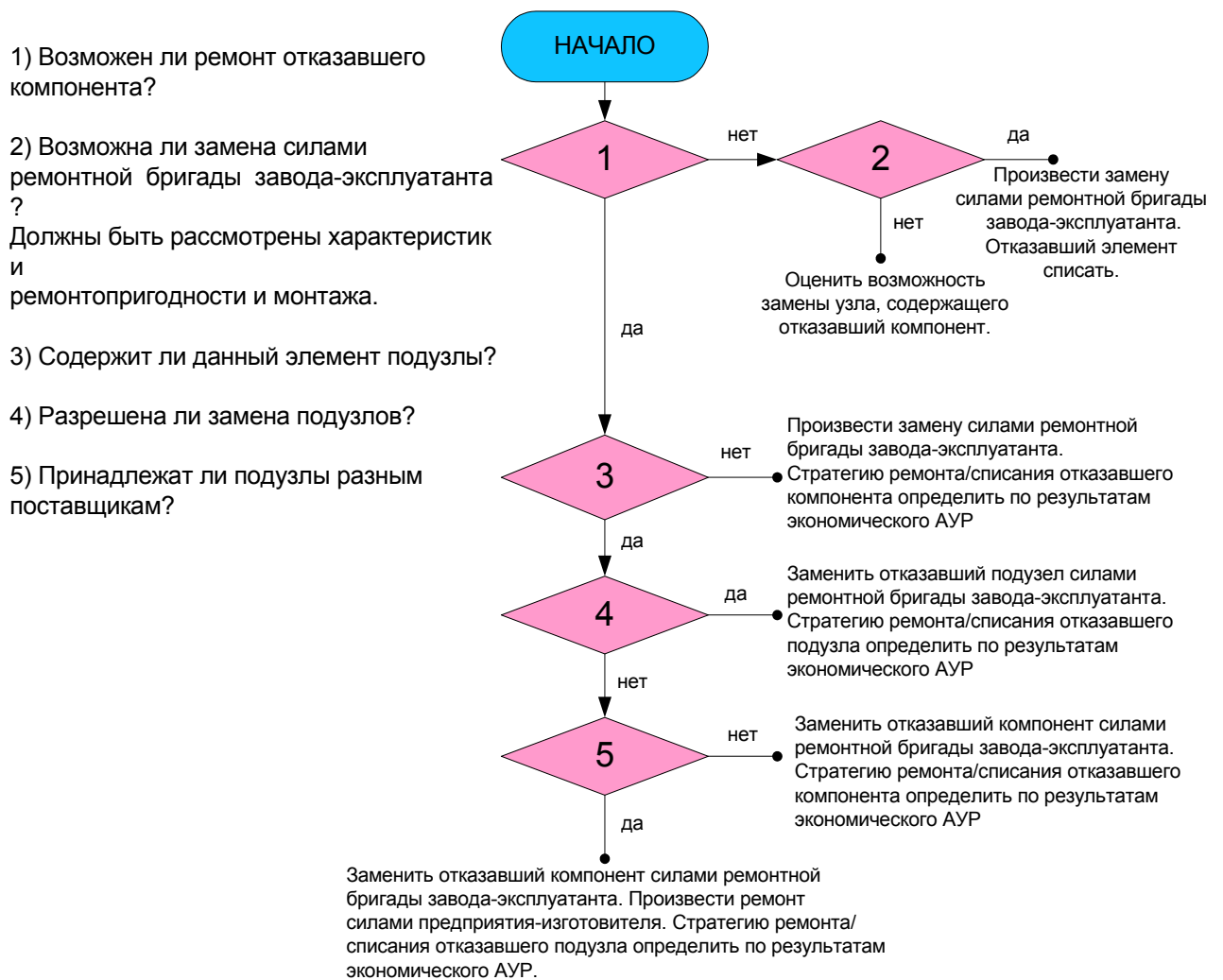


Рис 2. Алгоритм технического АУР.

При выборе того или иного уровня ремонта для компонента должны приниматься во внимание все аспекты выполняемой задачи: процедуры диагностирования, доступность компонентов (удобство размещения), продолжительность, воздействие на окружающую среду. В рамках этого анализа также составляется список кандидатов для проведения экономического АУР. Изделия-кандидаты выбираются в соответствии с концепцией обслуживания, которая описывает уровни ремонта и типы обслуживания, выполняющиеся на каждом уровне.

Следующим этапом является проведение экономического анализа уровней ремонта. Этот анализ помогает определить наиболее экономически выгодную стратегию ремонта компонента, учитывая характеристики ремонтпригодности и физические характеристики компонента. На Западе используется множество моделей для экономического АУР простых и сложных систем. Документ [8] содержит несколько моделей, например, модель для авиационного электрооборудования. Все эти модели акцентируют внимание на шести основных видах затрат:

- стоимость товарно-материальных запасов, включая затраты на администрирование, износ, транспортирование;
- затраты на оборудование поддержки. Имеется в виду нестандартное оборудование, необходимое для выполнения конкретной задачи внепланового обслуживания на данном уровне ремонта;
- затраты на помещения для складирования товарно-материальных запасов;
- затраты на рабочую силу;
- затраты на обучение;
- затраты на создание ремонтной документации.

При проведении АУР требуется информация, связанная с поддерживаемостью конечного изделия, использованием его по назначению (продолжительность эксплуатации, среда эксплуатации и т.д.) и организацией системы эксплуатации (расстояния до центров обслуживания,

количество центров обслуживания и т.д.). Информация, касающаяся отдельных компонентов, включает: МТВФ, стоимость, время ремонта, время поставки и т.д.

После АУР формируется окончательный список задач планового и внепланового обслуживания, всем задачам присваиваются кодовые обозначения.

Заключительная стадия.

Детальный анализ задач обслуживания. Детальный анализ задач обслуживания и функционирования позволяет определить и задокументировать ресурсы, требуемые для функционирования и обслуживания нового изделия. Этот анализ начинается на как можно более ранних стадиях, после чего информация дополняется и детализируется.

При анализе каждой задачи документируются следующие данные:

- требуемые для выполнения операции ресурсы логистической поддержки;
- частота выполнения операций, интервал времени между операциями, время простоя, человеко-часы при функционировании в штатном варианте применения изделия и для установленной годовой продолжительности функционирования;

- уровень ремонта;
- влияние результатов выполнения операций на окружающую среду.

Особое внимание следует уделять необходимости создания новых ресурсов, а также ресурсам, связанным с ограничениями по времени, стоимости, наличию дефицита.

Ресурсы логистической поддержки могут включать следующие элементы:

- стандартное и специальное оборудование поддержки;
- стандартные и специальные инструменты;
- персонал;
- инфраструктура;
- упаковка и хранение;
- средства транспортирования;
- средства для обучения.

Оценка результатов ЛА. На стадии эксплуатации в БД ЛА поддерживаются данные о фактической конфигурации изделия с учетом возможных изменений, вносимых в ходе его практического применения. Информация о ходе эксплуатации и фактических характеристиках поддерживаемости должна передаваться проектанту, обеспечивая обратную связь и возможность дополнения и корректировки результатов первоначального анализа. На основе этой информации решается задача 402 (Предварительная оценка результатов использования изделия), выявляются расхождения между запланированными (проектными) и фактическими характеристиками поддерживаемости и разрабатываются планы мероприятий по преодолению этих расхождений. Для реализации этих процедур необходимо на стадии разработки проекта предусматривать возможности и средства обмена данными между проектантом и эксплуатантом.

В этой связи является весьма актуальной задача формирования и ведения эксплуатантами электронных документов¹, фиксирующих данные:

- об отказах изделия и его компонентов,
- о выполненных операциях ремонта и замены компонентов,
- о выполненных операциях планового и внепланового технического обслуживания,
- о фактических значениях трудоемкости и календарного времени, затрачиваемых на выполнение операций по обслуживанию и ремонту,
- о фактической численности и квалификации персонала, выполнявшего работы и т.д.

Все это требует разработки и внедрения специальных программно-технических комплексов и организационных мер и должно быть составной частью общего плана разработки и внедрения системы ИЛП.

¹ В некоторых отраслях промышленности подобные документы принято называть формулярами изделия и его компонентов

Литература:

1. Е.В. Судов, А.И. Левин, А.Н. Давыдов, В.В. Барабанов. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / НИЦ CALS-технологий «прикладная логистика». – М., 2002.
2. DEF STAN 00-60 «Integrated Logistic Support», Part 0, 1, 2.
3. MIL –STD 1388 2B «Logistics Support Analysis».
4. MIL-STD-1629 «Procedures for Performing a Failure Modes Effects and Criticality Analysis».
5. ГОСТ 27.310-95 «Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения».
6. MIL – STD-2173 «Reliability Centered Maintenance For Requirements For Naval Aircraft, Weapons Systems & Support Equipment».
7. ATA MSG-3 «Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development».
8. MIL-STD-1390 D «Level of Repair Analysis».