

УДК 004:629.7

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЧАСТИ АНАЛИЗА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

²Валетов И.И., ¹Шмидт И.А.

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь;

²ОАО «Авиадвигатель», Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ru

В статье рассматривается проблема интеграции различных видов деятельности интегрированной логистической поддержки (ИЛП), реализуемых на разных стадиях жизненного цикла (ЖЦ) продукции. Проблема заключается в децентрализованном подходе к решению задач ИЛП, использовании не в полной мере выходных данных предшествующих этапов на последующих этапах ИЛП. Проанализированы существующие реалии выполнения данных видов деятельности ИЛП – анализа логистической поддержки (АЛП), создания электронной эксплуатационной документации (ЭЭД) на изделие, создания актуальной и работоспособной системы технической эксплуатации (СТЭ); описаны их недостатки и предложены методы для повышения эффективности выполнения поставленных задач. В статье автором выявлена и обоснована необходимость создания интегрированной информационной среды поддержки жизненного цикла авиационного двигателя и описан способ реализации данной задачи.

Ключевые слова: информационная среда, непрерывная поддержка жизненного цикла, интегрированная логистическая поддержка, анализ логистической поддержки (АЛП), руководство по эксплуатации (РЭ), исходные требования планового технического обслуживания (ИТПТО)

INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT OF AIRCRAFT ENGINE LIFE-CYCLE MANAGEMENT IN TERMS OF LOGISTICS SUPPORT ANALYSIS

²Valetov I.I., ¹Shmidt I.A.

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm;

²Aviadvigatel OJSC, Perm, e-mail: shmidt@msa.pstu.ru

The article considers the issue of integration of the different activities of integrated logistics support (ILS) realized at various stages of product life cycle. The issue is in the decentralized approach to solving the problems of integrated logistics support, using outgoing data from the previous stages not to the full on the succeeding stages of integrated logistics support. The existent realia of completing the ILS activities: logistic support analysis (LSA), creation of electronic maintenance manual, creation of currently important and working system maintenance have been analyzed; their drawbacks have been described and methods of increasing efficiency of set tasks execution have been offered. The necessity of creating integrated information environment support of aircraft engine life cycle has been determined and justified by the author. The method of performing the task has been described.

Keywords: information environment, continuous lifecycle support, integrated logistics support, logistics support analysis (LSA), manual (OM), the initial requirements of the planned maintenance

Создание авиадвигателей в современном мире происходит в условиях конкуренции мировых авиационных фирм – производителей авиационной техники и авиакомпаний-эксплуатантов в борьбе за рынки поставок самолетов и авиаперевозок. основополагающими факторами конкуренции, определяющими качество самолета как продукта, являются безопасность, регулярность полетов для гражданской авиации и боеготовность – для военной. Данные факторы непосредственно зависят от качества и технических характеристик авиадвигателей, устанавливаемых на самолет.

Для авиадвигателей, имеющих длительные сроки эксплуатации, затраты на послепродажной стадии, необходимые для поддержания заданных характеристик безопасности, надежности и готовности, могут значительно превышать затраты на ее приобретение. Поэтому основным критери-

ем при решении о покупке авиадвигателя и установке его на крыло самолета является стоимость его жизненного цикла (СЖЦ), включающая затраты на приобретение и эксплуатацию [6].

ИЛП – совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий (в том числе показателей, определяющих готовность, – безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности и др.) при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием.

ИЛП сложного промышленного изделия включает, как правило, следующие основные виды деятельности:

– АЛП;

– планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) изделия;

– планирование и управление материально-техническим обеспечением (МТО);

– разработку и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации;

– обеспечение заказчика специальным, вспомогательным и измерительным оборудованием, необходимым для эксплуатации, обслуживания и ремонта;

– планирование и организацию процессов обучения персонала, в том числе разработки технических средств обучения;

– планирование и организацию процессов упаковывания, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия;

– разработку инфраструктуры системы технической эксплуатации (СТЭ);

– поддержку 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 [3, 4].

Соответственно, виды деятельности ИЛП группируются по следующим основным направлениям:

1) создание (разработка) СТЭ, элементы которой должны быть увязаны между собой и с изделием так, чтобы обеспечить достижение целей, указанных в приведенном выше определении; это направление деятельности предполагает подготовку (в том числе согласование и утверждение) необходимых для последующего функционирования СТЭ требований, планов, программ, методик, инструкций и других данных и документов (в том числе – в электронном виде);

2) сопровождение (обеспечение функционирования) СТЭ в ходе использования ФИ по назначению (от момента начала эксплуатации до списания и утилизации); это направление деятельности предполагает техническую, методическую и информационную поддержку функционирования СТЭ на основе данных и документов, полученных при ее разработке, включая систематическую верификацию и актуализацию документов и данных по результатам анализа фактических сведений о ходе эксплуатации ФИ;

3) совершенствование (развитие) СТЭ в ходе ЖЦ ФИ. Это направление деятельности предполагает внесение в полученные при создании и сопровождении СТЭ документы и данные изменений, обусловленных изменениями конструкции ФИ, условий эксплуатации, технологий и оборудования

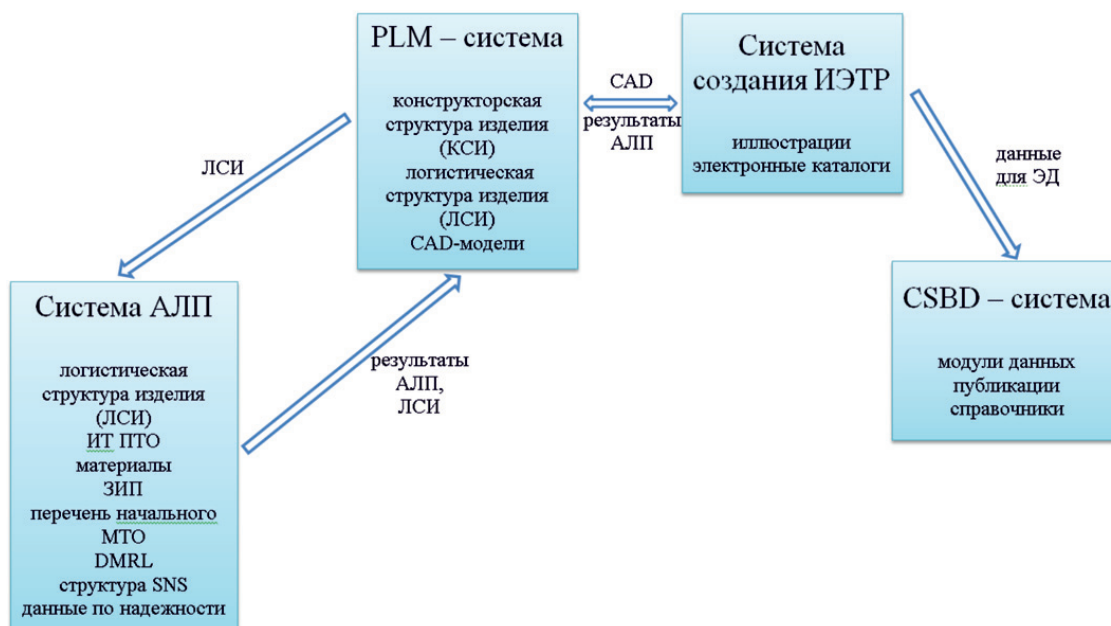
ТО и другими (в том числе – экономическими) факторами [1].

Виды деятельности ИЛП, объединенные в описанные выше направления и реализуемые на разных стадиях ЖЦ изделия, логически и информационно интегрированы в единый комплекс процессов, в который вовлечены как разработчик (поставщик), так и заказчик (эксплуатант). Информационная интеграция процессов обеспечивает обратную связь между процессами. Сведения, полученные в ходе эксплуатации, используются для совершенствования конструкции изделия и организации СТЭ.

Но в отечественной объективной реальности данные основные направления деятельности ИЛП выполняются, как правило, различными структурными подразделениями, а иногда и подразделениями разных организаций (конструкторского бюро и завода-изготовителя) в отсутствие адекватной информационной интеграции. Это формирует децентрализованный подход к решению вышеперечисленных задач ИЛП, т.е. даже если часть задач ИЛП автоматизирована, то выходные данные, полученные по результатам выполнения этих задач, не в полной мере используются при проведении последующих этапов. Подобный подход отрицательно влияет на качество и сроки выполнения работ по ИЛП.

Таким образом, ставится задача на создание Единого информационного пространства, объединяющего последовательные этапы интегрированной логистической поддержки жизненного цикла (анализ логистической поддержки, разработка руководства по эксплуатации и эксплуатационных каталогов и т.д.) повысит эффективность выполнения задач ИЛП [8].

В статье Э.Л. Гольца описывается опыт внедрения единой информационной среды ИЛП на ОАО «Туполев», который не применим для ОАО «Авиадвигатель». В статье построение данной системы основывается на мониторинге технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания путем создания единого центра послепродажного обслуживания (ППО), т.к. ОАО «Туполев» осуществляет поддержку уже разработанного серийного изделия, а ОАО «Авиадвигатель» выстраивает свою информационную среду поддержки жизненного цикла авиационного двигателя для вновь разрабатываемого изделия. Необходимо сначала разработать СТЭ, а только затем сопровождать и совершенствовать разработанную СТЭ. Именно поэтому основой для создания Единого информационного пространства послужил процесс АЛП [2].



Функциональная схема интегрированной информационной среды поддержки жизненного цикла авиационного двигателя в части АЛП, разработки РЭ, ИТПТО и каталогов

Целью анализа логистической поддержки (АЛП) является обеспечение рационального баланса требований в отношении стоимости жизненного цикла изделия и коэффициента готовности изделия. АЛП является системообразующей частью ИЛП, с помощью которой осуществляется взаимодействие требований с различными видами деятельности ИЛП и оказывает влияние на проектирование изделия.

В ходе проведения АЛП строится логистическая структура изделия (ЛСИ), которая является фундаментом для всех последующих работ АЛП. Уровень проработки ЛСИ зависит непосредственно от уровня разукрупнения объекта анализа, который принимается руководством проекта. Но традиционно ЛСИ выстраивается на уровне LRU (line-replaceable unit) или КСБ (конструктивно-сменный блок). LRU или КСБ – это компонент ФИ (финального изделия), который может быть заменен в условиях первой линии эксплуатации для восстановления работоспособности ФИ. Получившаяся ЛСИ является основой для создания ИТ ПТО (исходных требований планового технического обслуживания). Также ЛСИ может использоваться как база для расчета АВПО (анализа видов и последствий отказов), т.к. уровень мониторинга в эксплуатации (обратная связь системы ИЛП) соответствует уровню LRU (КСБ). Система АЛП позволяет составить перечень запчастей

и расходных материалов, начального материально-технического обеспечения (МТО), модули данных для формирования перечня необходимых модулей данных (DMRL).

Созданный перечень необходимых модулей данных используется для разработки эксплуатационной документации и каталогов предметов снабжения. Электронная эксплуатационная документация (ЭЭД) на изделие создается на этапе его разработки и поставляется с конкретными экземплярами этого изделия. В общем случае эксплуатационная документация представляет собой комплект документов, связанных в некоторую структуру, причем каждому из этих документов присвоен специальный код.

Исходные данные для подготовки эксплуатационной документации:

- конструкторская документация (отличная от эксплуатационной) на изделие, в том числе чертежи и схемы изделия и его составных частей;
- описания функций изделия и его составных частей;
- описания состава работ (регламентов) и технологии ТО;
- другие документы, формируемые в процессе проектирования изделия.

Таким образом, становится ясно, что управление конструкторской документацией, описание функций изделия, АЛП, создание эксплуатационной документации находятся в тесной функциональной взаи-

мосвязи и должны быть объединены в Единое информационное пространство для возможности создания актуальной работоспособной СТЭ, которую можно было бы сопровождать и совершенствовать в ходе всего жизненного цикла изделия. Функциональная схема разработанной интегрированной информационной среды поддержки жизненного цикла авиационного двигателя в части АЛП, разработки РЭ, ИТПТО и каталогов представлена на рисунке.

Первым этапом создания Единого информационного пространства стали работы над интегрированной информационной средой поддержки жизненного цикла авиадвигателя в части АЛП и разработки руководств по эксплуатации (РЭ), исходных требований планового технического обслуживания (ИТПТО, англ. review board report) и каталогов предметов снабжения. Основой данной среды является PLM-система (англ. product lifecycle management). PLM-система – прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции. Неотъемлемой частью PLM-системы является PDM-система (англ. product data management – система управления данными об изделии). PDM-система – это организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолёты и ракеты и др.). Именно PLM-система является источником конструкторской документации для разрабатываемой среды поддержки жизненного цикла. В PLM-системе выстраивается ЛСИ, которая в дальнейшем используется в системе для анализа логистической поддержки. По результатам анализа ЛСИ актуализируется в PLM-системе. Процесс АЛП носит итеративный характер, поэтому данные конструкторской документации, влияющие на результаты АЛП, также обновляются в системе АЛП с помощью интеграции с PLM-системой, что помогает сохранять результаты АЛП в актуальном состоянии.

В проекте стоит задача создать интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) [7], которые представляют собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием. В качестве исходных данных для ИЭТР предполагается использовать модель изделия, построенную в САД. Наиболее естественный и прямой способ получения

САД-моделей для создания ИЭТР – это прямая интеграция с PLM-системой.

В PLM-системе должны выполняться не только функции создания элементов ИЭТР, но и функции CSDB-систем (CSDB – Common Source Data Base, Общая база исходных данных) по управлению структурой и публикации документации в соответствии со спецификацией S1000D. Спецификация AECMA S1000D – технология представления технической документации, признанная в авиационной промышленности (AECMA – European Association of Aerospace Constructors) [5]. Спецификация регламентирует состав и структуру данных технических публикаций, а также определяет требования к представлению публикаций в странично-ориентированном виде и виде ИЭТР.

Стоит заметить, что практически каждая задача АЛП представляет собой трудоемкое исследование процессов, документов, внешних условий, организационных структур и иных сущностей, совокупность которых и образует систему ИЛП. Такое исследование требует участия многих специалистов высокой квалификации: инженеров-аналитиков, конструкторов, расчетчиков, специалистов по надежности, по организации эксплуатации и обслуживания, по организации и проведению испытаний, по охране окружающей среды, экономистов и т.д. Задача организовать совместную работу с конструкторскими подразделениями является одной из самых сложных, т.к. задачи ИЛП являются инновационными. Поэтому PLM-система является лучшей основой для создания среды поддержки жизненного цикла, т.к. конструкторы работают непосредственно в PLM-системе и решение задач ИЛП происходит в привычной для них программной среде и не требует изучения дополнительных материалов.

Дополнительно внедрение PLM системы в процесс подготовки сборочного производства позволит решить задачу управления конфигурацией изделия и обеспечить сертификацию авиационных двигателей по стандартам EASA. Таким образом, предлагаемая интегрированная информационная среда поддержки жизненного цикла авиационного двигателя должна охватывать все этапы ЖЦ – проектирование, изготовление, послепродажная эксплуатация.

Основным преимуществом разрабатываемой системы является отслеживание актуальности используемых данных за счет использования контекста взаимодействия трех структур – штатными средствами разрабатываемой системы обеспечивается связь структур (рабочей конструкторской

документации, ЛСИ и структуры РЭ), а также отслеживание вхождений объектов конструкторской документации в эксплуатационные и логистические системы, что позволит отслеживать изменения и своевременно на них реагировать. Техническая реализация отслеживания актуальности должна быть предметом отдельного исследования.

Список литературы

1. Бриндиков А.Н., Елизаров П.М., Карташев А.В., Левин А.И., Незаленов Н.И., Судов Е.В., Петров А.В. Повышение конкурентоспособности российской продукции военного назначения за счет применения технологий интегрированной логистической поддержки и каталогизации. – М.: CAD/CAM/CAE Observer, 2012. – С. 66–75.
2. Гольц Э.Л. Информационные системы интегрированной логистической поддержки авиационной техники. – М.: Механика и машиностроение, 2105. – С. 603–606.
3. ГОСТ Р 53393-2009 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения, <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53393-2009>.
4. ГОСТ Р 56114-2014 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Требования к проведению анализа логистической поддержки экспортируемой продукции военного назначения, <http://docs.cntd.ru/document/1200115465>.
5. Долженков Н.Н., Рипс П.А., Тараканов В.В. Создание современной системы логистической поддержки отечественных самолетов – насущное требование времени. – М.: Полет, 2007. – С. 3–9.
6. Карташев А.В., Судов Е.В., Электронные каталоги для экспортируемой продукции военного назначения: структура, формат представления и порядок обмена данными. Мир стандартов. – 2009. – № 7 (38). – С. 1–6.

7. Яблочников Е.И., Саломатина А.А. Разработка интерактивных электронных руководств по сопровождению изделий на этапах эксплуатации. – СПб: СПб-ГУ ИТМО, 2007. – 16 с.

8. ASD S3000L Международная процедурная спецификация на анализ логистической поддержки, 2010.

References

1. Brindikov A.N., Elizarov P.M., Kartashev A.V., Levin A.I., Nezalenov N.I., Sudov E.V., Petrov A.V. Povyshenie konkurentosposobnosti rossijskoj produkcii voennogo naznachenija za schet primenenija tehnologij integrirovannoj logisticheskoy podderzhki i katalogizacii. M.: CAD/CAM/CAE Observer, 2012. pp. 66–75.
2. Golc Je.L. Informacionnye sistemy integrirovannoj logisticheskoy podderzhki aviacionnoj tehniki. M.: Mehanika i mashinostroenie, 2105. pp. 603–606.
3. GOST R 53393-2009 Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka. Osnovnye polozhenija, <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53393-2009>.
4. GOST R 56114-2014 Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka jeksportiruemoj produkcii voennogo naznachenija. Trebovanija k provedeniju analiza logisticheskoy podderzhki jeksportiruemoj produkcii voennogo naznachenija, <http://docs.cntd.ru/document/1200115465>.
5. Dolzhenkov N.N., Rips P.A., Tarakanov V.V. Sozdanie sovremennoj sistemy logisticheskoy podderzhki otechestvennyh samoletov nasushhnoe trebovanie vremeni. M.: Polet, 2007. pp. 3–9.
6. Kartashev A.V., Sudov E.V., Jelektronnye katalogi dlja jeksportiruemoj produkcii voennogo naznachenija: struktura, format predstavlenija i porjadok obmena dannymi. Mir standartov. 2009. no. 7 (38). pp. 1–6.
7. Jablochnikov E.I., Salomatina A.A. Razrabotka interaktivnyh jelektronnyh rukovodstv po soprovozhdeniju izdelij na jetapah jekspluatacii. SPb: SPb-GU ITMO, 2007. 16 p.
8. ASD S3000L Mezhdunarodnaja procedurnaja specifikacija na analiz logisticheskoy podderzhki, 2010.