

КОМПЛЕКС ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ МТО В СИСТЕМЕ ПОСЛЕПРОДАЖНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛА

Ю.П. Титов (Москва)

Введение

В современном мире конкурентоспособность отечественных изделий, в частности летательных аппаратов (ЛА), определяется не только качеством самого изделия, но и стоимостью его жизненного цикла. Для современного высокотехнологичного изделия большую часть в стоимости жизненного цикла составляет стоимость эксплуатации данного изделия.

Для снижения стоимости послепродажного обслуживания изделия используют методы интегрированной логистической поддержки, которые позволяют связать в единое информационное пространство всех участников послепродажного обслуживания ЛА.

В России в настоящий момент существует раздробленность всех участников жизненного цикла ЛА. При создании системы интегрированной логистической поддержки России приходится в большей степени опираться на опыт зарубежных коллег и стандарты Mil-Std 1388 (США) и DefStan 00-600 «Integrated Logistic Support. Requirements for MOD Project» («Интегрированная логистическая поддержка. Требования к проектам Министерства обороны») (Великобритания).

Представленная в докладе работа опирается на труды А.С. Шаламова, В.Я. Головина, С.М. Ямпольского и Е.В. Судова, активно создающих единую систему логистической поддержки для авиационной техники военного назначения (АТ ВН).

В данном докладе рассматривается разработка имитационной модели, описывающей все процессы материально-технического обеспечения (МТО) в системе послепродажного обслуживания (ППО) АТ ВН

Система послепродажного обслуживания АТ ВН

Запасные части (ЗЧ), предназначенные для замены отказавших составных частей ЛА, поставляются в эксплуатирующие организации через склады системы ППО. Для восстановления отказавших ЛА, в первую очередь, используются возможности поставки необходимых ЗЧ, за счет: наличия их на складах системы ППО, перераспределения внутри системы ППО между подчиненными эксплуатирующими организациями, а также возможностями сервисного центра и авиационно-ремонтных заводов (АРЗ).

Командир авиационной части (АЧ), на основании данных фактического расхода ЗЧ и плана замены частей ЛА по выработке ресурса, составляет расчет потребности в ЗЧ и расходных материалов для обеспечения эксплуатации ЛА в предстоящем году. Расчет отправляется в авиационно-техническую часть, поставляющую ЗЧ, а так же в органы системы ППО, для проведения контроля потребности в запасных частях в целом. При отсутствии ЗЧ на складах в технической службе формируется заявка - либо на первоочередной ремонт соответствующих ЗЧ, либо - на их изготовление на предприятии-изготовителе (ПИ). Данная заявка вклинивается в годовой план на ПИ или АРЗ. Таким образом, вероятность ее быстрого выполнения очень мала.

Анализ процесса МТО позволяет выделить следующие структурные компоненты:

1. Сервисный центр. Организует управление ППО.

2. Предприятия-изготовители, производящие новые ЗЧ.
3. Складские центры, обеспечивающие накопление и хранение ЗЧ.
4. Центры технического обслуживания, осуществляющие проведение ремонтных работ по устранению отказов ЛА.
5. Авиационно-ремонтные заводы. Осуществляют восстановления конкретного перечня отказавших составных частей ЛА.
6. Авиационные части, эксплуатирующие множество ЛА, требующих ППО.
7. Транспортная сеть (ТС) для перевозки ЗЧ и транспортные компании, осуществляющие транспортировку ЗЧ и отказавших частей ЛА

Для описания всех процессов МТО в системе ППО разработан комплекс взаимосвязанных имитационных моделей (КВИМ), где каждая модель отвечает за свой структурный компонент системы ППО ЛА ВН

Имитационная модель надежности структуры ЛА

Основой КВИМ является модель *надежностной структуры* ЛА, описывающая процессы отказа и восстановления. Под надежностной структурой ЛА (НСЛА) понимается совокупность его компонент (элементов, блоков, подсистем и всего ЛА в целом), процесс функционирования которых рассматривается с точки зрения обеспечения требований к надежности ЛА и реализации задач их послепродажного обслуживания. НСЛА представляется в виде многоуровневой древовидной структуры, в которой на верхнем уровне располагается компонента, соответствующая всей НСЛА. На следующем, более низком уровне, НСЛА система разделяется на части, соответствующие подсистемам ЛА, выполняющие отдельные жизненно важные и целевые функции (планер, двигатель, система управления полетом, система управления оружием и др.). На самом низком уровне любой древовидной ветви НС находятся элементы. Для элементов НС задаются законы распределения вероятности безотказной работы (ВБР).

Отказ элемента НС может приводить к определенным последствиям (отказу, неисправности или снижению эффективности функционирования) для состояний части той ветви НСЛА (по цепочке вверх), в которую указанный элемент входит (в том числе, и составляющей НС самого высокого уровня, т.е. всей НСЛА).

В процессе эксплуатации на ВБР каждого элемента влияют нагрузки, воздействующие на ЛА. Нагрузки зависят от режима функционирования: боевой вылет, патрулирование, тренировочный вылет, хранение ЛА на открытой площадке, хранение ЛА под навесом, хранение ЛА в отапливаемом ангаре и тд. Режим эксплуатации есть перечень условий, в которых эксплуатируется ЛА. Смена режимов эксплуатации ЛА, как правило, осуществляется в плановом порядке (боевая готовность, боевой вылет, ТО и т.п.), но может быть и случайной (например, ремонт ЛА вследствие выхода из строя частей ЛА). Для каждого режима в общем случае может определяться свой состав тех частей НСЛА, который обеспечивает его реализацию, а для элементов НСЛА этих частей могут задаваться свои законы распределения ВБР, соответствующую определенному режиму.

Помимо режимов работы ЗР ВБР элемента, в общем случае, зависит от предыстории его функционирования: величин временных интервалов, в течение которых элемент работал в других режимах. Кроме того, в некоторых частях НС могут происходить зависимые отказы: отказы одних элементов, вызванные отказами других в результате изменения условий эксплуатации.

С точки зрения анализа надежности, НСЛА – это восстанавливаемая система, т.е. после события отказа определенной части НСЛА, если это не приводит к

катастрофическим последствиям, производятся восстановительные работы (ремонт или замена). Процесс восстановления части НСЛА состоит из двух процедур: процедуры обнаружения отказа и процедуры восстановительных работ (ремонта или замены отказавшей части НСЛА).

События отказов некоторой части НСЛА, в общем случае, могут проявляться не сразу, а если и устанавливаются, то, как правило, не сразу могут быть устранены. Т.е. отказы различных частей НСЛА могут накапливаться, и это накопление может в определенных сочетаниях приводить к более серьезным последствиям, чем каждый из отказов определенной части НСЛА в отдельности.

Обнаружение отказа частей НС может произойти следующим образом:

- С помощью специальных индикаторов, в процессе эксплуатации ЛА. Такие отказы назовем «явными».
- При техническом обслуживании. Такие отказы назовем «скрытыми». Они обнаруживаются с помощью применения специальных измерительных устройств и средств наблюдения.

Обнаружение отказа некоторой части НСЛА, как следствие, запускает процесс ее ремонта (если это предусмотрено техническим регламентом) или замены (при наличии ЗЧ и необходимых ремонтных ресурсов). В общем случае процесс восстановления является случайным: случайным может быть событие обнаружения «скрытых» отказов, случайным может быть время обслуживания, операции ремонта или замены отказавших частей.

Взаимодействие структурных компонент МТО в системе ППО

Центр ППО производителя обеспечивает процесс ППО ЛА. Он осуществляет плановый заказ ЗЧ на ПИ и определяет расположение ЗЧ по складским центрам, то есть отдает команды на транспортировку ЗЧ к конкретным складам центра сервисного обслуживания.

Производство ЗЧ происходит в соответствии с загруженностью ПИ ЗЧ. В системе ППО имеется некоторое количество ПИ, производящих различные ЗЧ. После производства, ЗЧ объединяют в партии и транспортируют со складов ПИ на склады центра сервисного обслуживания.

Технический центр осуществляет обслуживание множества АЧ, в каждой из которых находится множество различных ЛА. Для обеспечения исправного функционирования ЛА ремонтная бригада каждой АЧ проводит мероприятия по ТО. Время проведения и состав ТО определяется инструкцией по эксплуатации ЛА. В случае обнаружения отказа в АЧ отправляется бригада технического центра для проведения ремонтных работ.

Если для ремонта ЛА необходима замена части ЛА, то данную часть ЛА необходимо доставить к месту обслуживания ЛА со складов центра сервисного обслуживания (в случае наличия ЗЧ). В случае возможности восстановления отказавшей части ЛА, она отправляется на АРЗ. После восстановления части на АРЗ, исправная часть отправляется на склады центра сервисного обслуживания.

Описание комплекса взаимосвязанных имитационных моделей

Все модели KBIM предлагается строить в классе дискретных с использованием событийного подхода к формализованному описанию моделируемых процессов с ориентацией на метод модельных событий для продвижения модельного времени и синхронизации всех протекающих в моделируемой системе процессов. Взаимодействие

моделей КВИМ ППО ЛА осуществляется посредством вызова соответствующих событий.

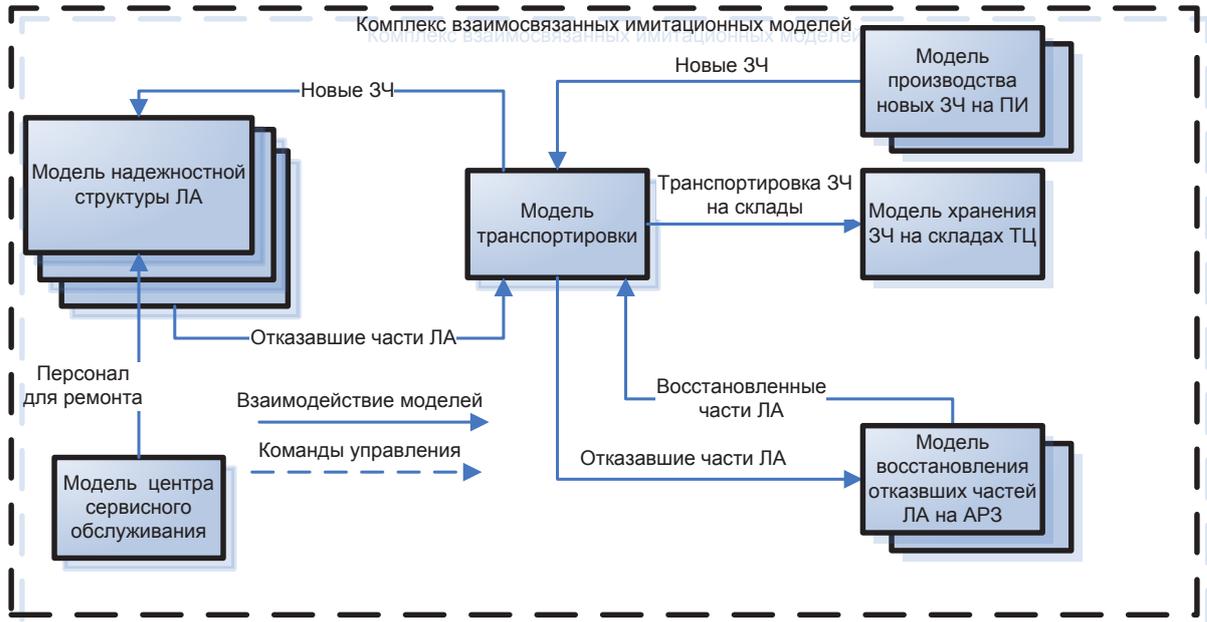


Рис 1. Состав КВИМ и их взаимодействие.

После завершения события производства новой ЗЧ (модель производства) или события восстановления отказавшей части ЛА (модель АРЗ) вызывается событие транспортировки (модель транспортировки) необходимой части на склад (модель хранения) выбранный моделью СППР. В случае обнаружения отказа части ЛА (модель надежной структуры ЛА) ищется ЗЧ, позволяющая устранить отказ и в случае наличия ЗЧ вызывается событие транспортировки (модель транспортировки) ЗЧ к ЛА для замены отказавшей. Если отказавшую часть ЛА можно восстановить на АРЗ, то вызывается событие транспортировки (модель транспортировки) отказавшей части ЛА, а по завершению данного события – событие восстановления (модель АРЗ) данной части ЛА.

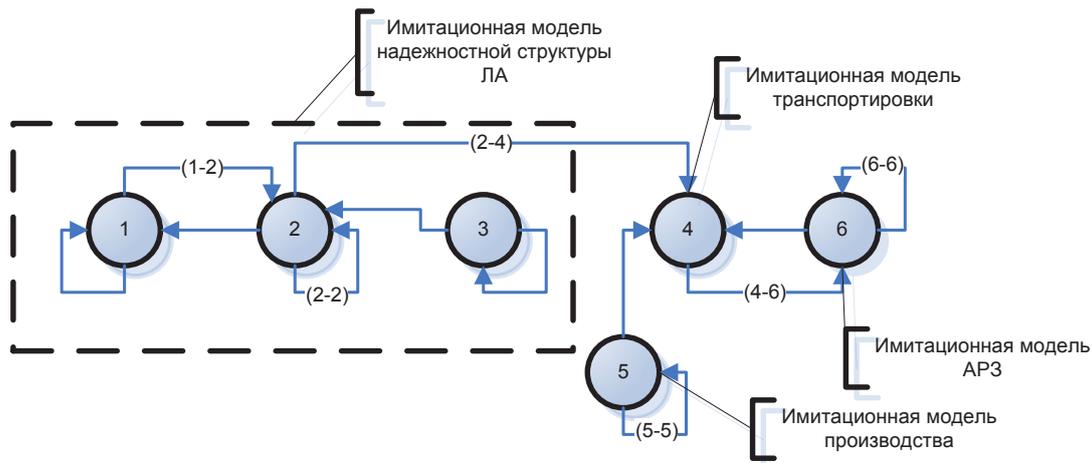


Рис 2. Граф-схема взаимосвязи событий КВИМ МТО в системе ППО АТ ВН.

Название и кодирование основных временных событий:

1. Отказ элемента

2. Выполнение действия над частью НСЛА
 - a. включение, отключение в процессе применения ЛА – операции выполняются над ЛА в процессе эксплуатации
 - b. окончание монтажа, демонтажа или настройка в процессе ТО – операции выполняются специалистами центра сервисного обслуживания. Данные события являются событиями имитационной модели центра сервисного обслуживания.
3. Смена режима функционирования НС ЛА (Патрулирование, Боевое применение, ТО).
4. Окончание транспортировки ЗЧ на склад.
5. Производство ЗЧ.
6. Окончание восстановления части ЛА.
Условия планирования событий:
 - (1-2) Если у отказавшего элемента есть резервный работоспособный элемент;
 - (2-2) Если выполнены не все действия из заданной последовательности для перевода НС ЛА в определенный режим эксплуатации.
 - (2-4) Если на складе аэродрома нет требуемой ЗЧ, а на другом складе есть, то транспортировка ЗЧ на склад аэродрома для проведения замены. Или если отказавшая ЗЧ подлежит восстановлению, то транспортировка её на склад ближайшего АРЗ
 - (4-6) Если отказавший блок доставлен на склад АРЗ, на котором возможно восстановление отказавшего блока.
 - (5-5) Если в очереди на производство имеются ЗЧ.
 - (6-6) Если в очереди на восстановление имеются отказавшие части ЛА.

Выводы

По результатам работы создан программный комплекс в среде программирования Delphi 7.0., реализующий все процессы КВИМ. Тестирование данного комплекса проводилось на СППО СУ-27 (в качестве НС взята система кондиционирования и регулирования давления) в количестве 75 машин, распределенных по всей территории РФ (15 авиационных частей). Обслуживание данного парка занимаются 3 АРЗ и одно ПИ. Прогон КВИМ занимает 15-20 минут машинного времени и бмб оперативной памяти.

На данной модели тестировалась система поддержки принятия решений управляющего сервисным центром, позволяющая составить годовую заявку на производство новых ЗЧ с целью обеспечения необходимого уровня готовности парка при минимальной стоимости мероприятий ППО.

Литература

1. Г.Ф. Хахулин. Основы конструирования имитационных моделей: Учебное пособие. – 2-е изд. М.:НПК «Поток», 2002. -228с.
2. Сеницын И.Н., Шаламов А.С. Лекции по теории систем интегрированной логистической поддержки. // М.: ТОРУС ПРЕСС, 2012. – 624 с.
3. Судов Е.В. // Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003 – 264 стр.
4. Ямпольский С. М., Головин В. Я. Актуальные вопросы автоматизации управления поставками предметов материально-технического обеспечения для послепродажного обслуживания авиационной техники // Труды МАИ. 2013. № 69. С. 69-79.