

**Петров А.В., Судов Е.В.**

## **Программные средства интегрированной логистической поддержки экспортируемой ПВН**

Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) – это комплекс управленческих, инженерных и информационных технологий [1], направленных на создание и сопровождение системы технической эксплуатации (СТЭ) сложного изделия, в том числе ПВН. Термин «интегрированная» означает, что процессы разработки СТЭ, ее сопровождения и развития рассматриваются во взаимосвязи с процессами разработки и сопровождения конструкции изделия на всех стадиях его жизненного цикла, как единый информационно-интегрированный процесс с прямыми и обратными связями.

Важную роль в этом комплексе играют программно-технические решения, обеспечивающие информационную поддержку в ходе решения задач ИЛП. Среди них следует выделить три основных компонента: программные средства анализа логистической поддержки (АЛП) – ключевой дисциплины ИЛП, программные средства разработки эксплуатационной документации (ЭД) и программные средства мониторинга процесса эксплуатации (МПЭ). Первые два компонента обеспечивают разработку основных элементов СТЭ и подготовку соответствующей документации. Третий компонент ответственен за обеспечение обратной связи, необходимой для сопровождения, корректировки и развития СТЭ. Ниже приведено краткое описание примера таких программных комплексов: системы LSA Suite, TG Builder и АТЛАС.

### **Программные средства АЛП.**

Система LSA Suite (Logistic Support Analysis Suite) [2] – представляет собой модульный комплекс программ для решения основных задач АЛП и формирования стандартизированной базы данных АЛП. В состав системы входят следующие модули: «Сценарии эксплуатации», «Логистические структуры», «Анализ видов, последствий и критичности отказов», «Планирование технического обслуживания», «Планирование материально-технического обеспечения», «Подготовка данных для разработки эксплуатационной документации», «Анализ результатов».

Модуль «Сценарии эксплуатации» позволяет создавать описания анализируемых сценариев эксплуатации – наборы исходных данных для проведения АЛП. Каждый такой набор содержит число эксплуатируемых финальных изделий (ФИ), условия эксплуатации, описания типовых миссий, средние показатели наработки ФИ и другие данные, необходимые для проведения анализа.

Модуль «Логистические структуры» предназначен для создания (в том числе на основе конструкторских данных, хранимых в системах PDM) логистических структур ФИ: структур функций (логистическая структура функций - ЛСФ) и структур реализующих эти функции компонентов ФИ (логистическая структура изделия - ЛСИ). Структура функций связывается с описанием сценария эксплуатации, описанием миссий и фаз миссии, что позволяет на последующих этапах вычислять продолжительность работы соответствующих компонентов ФИ. На рис. 1 показан фрагмент описания логистической структуры гидравлической системы ФИ в системе LSA Suite.

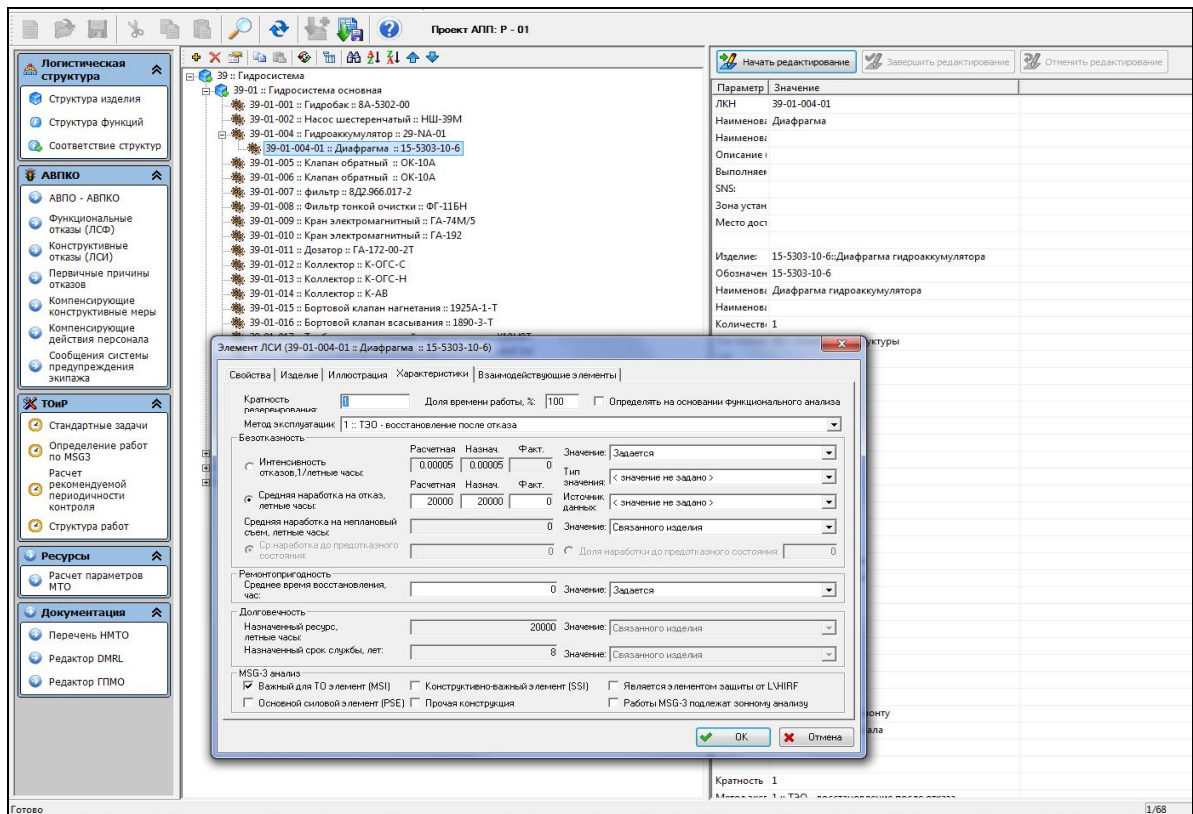


Рис.1 Логистическая структура изделия в системе LSA Suite

Модуль «Анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)» позволяет проводить указанный вид анализа в соответствии с MIL-STD-1629A и ГОСТ 27.310, в том числе описывать и анализировать виды отказов изделия, их причины и последствия (рис.2).

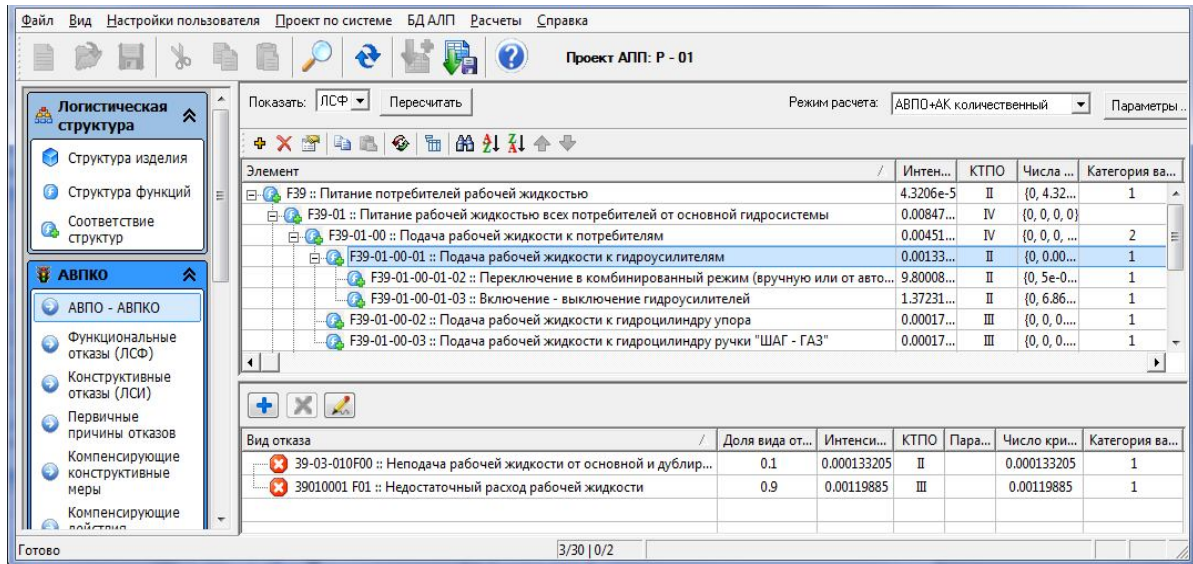


Рис.2. Проведение АВПКО в системе LSA Suite

В результате анализа выделяются критические элементы изделия, для которых назначаются приоритеты компенсирующих и корректирующих действий. В ходе работы формируются перечни функциональных и конструктивных отказов, компенсирующих конструктивных мер, сообщений системы предупреждения и компенсирующих действий отдельно для каждой функциональной системы ФИ. Для компонентов ФИ назначаются

методы технической эксплуатации (по ресурсу, по состоянию). Окончательно определяются рассматриваемые виды отказов, для которых задаются или вычисляются соответствующие показатели надежности (значения наработки на отказ или интенсивности отказов).

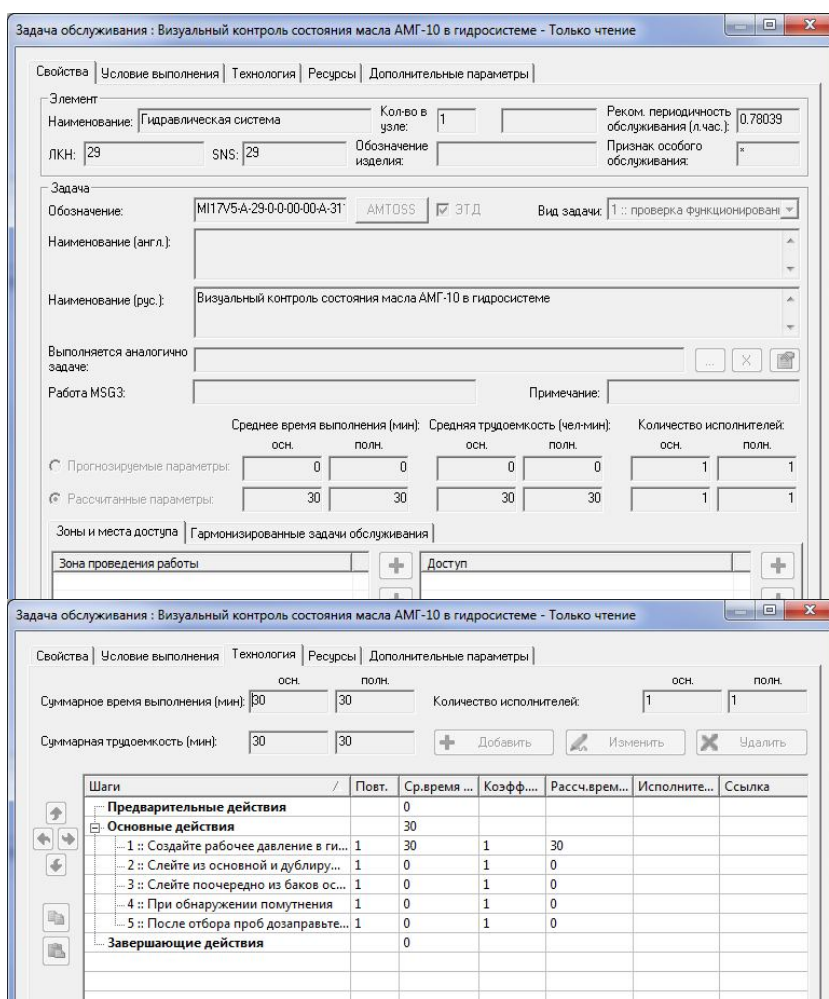


Рис.3 Формирование программы ТО в системе LSA Suite

Модуль «Техническое обслуживание и ремонт» предназначен для разработки технологии обслуживания. Этот блок задач включает в себя определение, на основе подготовленного ранее перечня анализируемых отказов, состава работ по техническому обслуживанию (ТО) и условий их выполнения, а затем - детальной технологии выполнения каждой задачи (рис.3). Формирование технологии обслуживания выполняется с использованием справочников и баз данных материалов, оборудования, инструментов и т.д. Результатом работы является формализованное описание программы ТО для планового и непланового обслуживания.

Модуль «Материально-техническое обеспечение» позволяет провести расчет потребностей в запасных частях и материалах для планового и непланового обслуживания. Потребности в материальных ресурсах для планового обслуживания рассчитываются на основе сформированной ранее программы ТО. Потребности в ресурсах для непланового

обслуживания вычисляются на основе известной (нормативной, расчетной, а в дальнейшем полученной на основе статистики) надежности компонентов изделий. На этом этапе формируются перечни запасных частей, материалов и инструмента для передачи в системы подготовки эксплуатационной документации.

Модуль анализа – объединяет комплекс инструментов для расчета и анализа базовых эксплуатационно-технических характеристик изделия, таких как показатели готовности, эксплуатационной технологичности (удельная трудоемкость обслуживания, удельные затраты на обслуживание и т.д.) и надежности. В ходе такого анализа не только осуществляется вычисление значений соответствующих показателей, но и выявляются компоненты изделия, свойства которых являются определяющими для ЭТХ ФИ. На стадии разработки результаты такого анализа используются для анализа конструкторских решений и их совершенствования.

### **Программные средства разработки эксплуатационной документации (ЭД).**

Система TG Builder предназначена для разработки различных видов бумажной или электронной ЭД, соответствующей требованиям спецификации ASD S1000D [3]. Для разработки ЭД используются результаты АЛП, хранимые в БД АЛП, а также конструкторская документация и данные, в том числе хранимые в системе PDM разработчика (электронные геометрические модели, электронные чертежи и т.д.).

Процесс разработки модульной ЭД включает в себя следующие основные этапы:

- разработки перечня модулей данных (МД), необходимых для каждого вида документа и проекта в целом (рис.4);
- кодирование МД в соответствии с правилами [3];
- разработка справочников и перечней;
- разработка содержимого МД;
- разработка иллюстраций различного вида, в т.ч. мультимедийных;
- логическая увязка содержимого разрабатываемых документов, установление ссылок;
- выполнение комплексной проверки полученных результатов;
- формирование технических публикаций в бумажной или интерактивной электронной форме (ИЭТР).

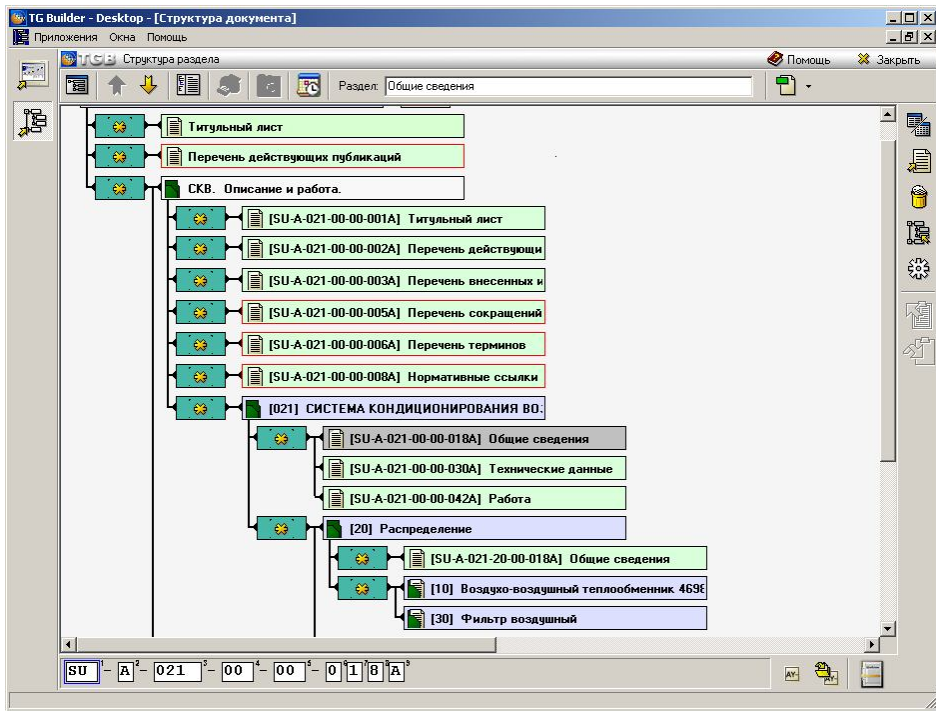


Рис. 4 Структурированный перечень МД, составляющих комплект ЭД на изделие

Разработка ЭД на сложное изделие, как правило, осуществляется коллективом авторов, каждый из которых отвечает за собственный раздел документации. Для обеспечения такой коллективной работы в систему TG Builder встроены средства для управления потоками работ, планирования и контроля доступа к разделам документации (рис. 5). Каждый участник разработки получает персональное задание, ход выполнения которого контролируется руководителем. Права доступа к данным внутри базы данных ЭД определяются выданным заданием.

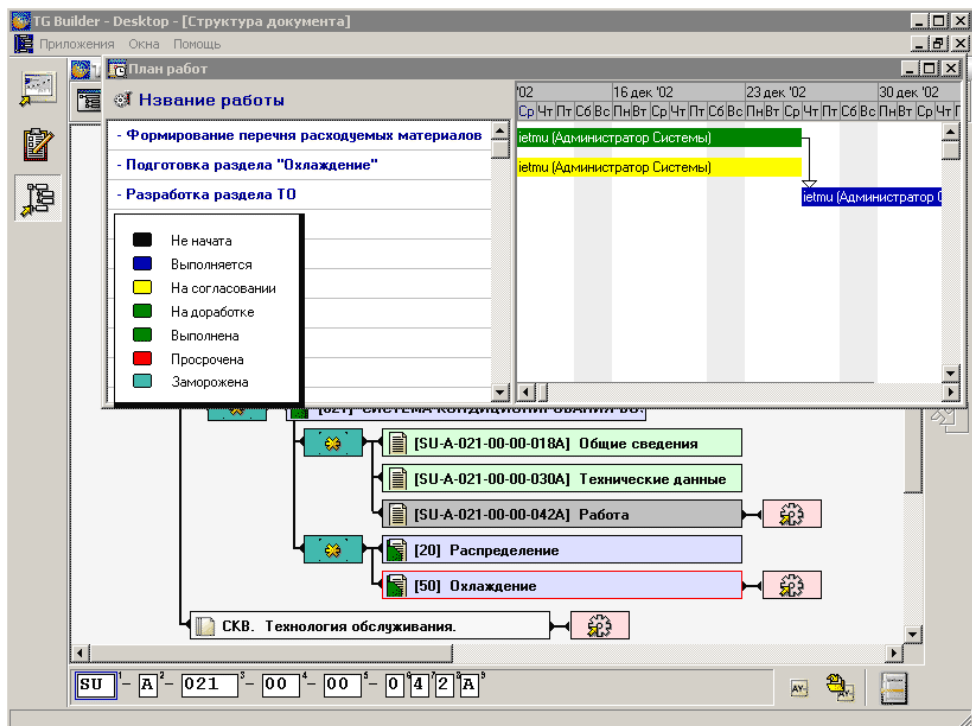


Рис. 5 Коллективная разработка ЭД в системе TG Builder

ЭД разрабатывается с использованием МД нескольких типов, предназначенных для различных видов документации: технических описаний, регламентов обслуживания и технологических карт, руководств по поиску и устранению неисправностей, каталогов и т.д. Подготовка каждого из перечисленных видов документации имеет свои особенности, однако ввиду ограниченного объема данной статьи ниже рассматриваются только два вида публикаций, представляющих особый интерес для сложной ПВН:

– интерактивные электронные технические руководства по поиску неисправностей, разрабатываемые на основе результатов АВПКО;

- интерактивные электронные каталоги предметов снабжения, разрабатываемые на основе подготовленных в ходе АЛП планов МТО.

### Интерактивные электронные руководства по поиску и устранению неисправностей

ИЭТР по поиску и устранению неисправностей представляет собой диалоговую программу, в ходе которой путем ответа на вопросы осуществляется выявление причин неисправностей.

Подготовка данных для такой процедуры осуществляется при помощи соответствующего программного модуля системы TG Builder. В ходе работы по подготовке данных описываются: возможные неисправности; предварительные условия выполнения процедуры поиска; собственно алгоритм поиска неисправности; завершающие действия (рис.6).

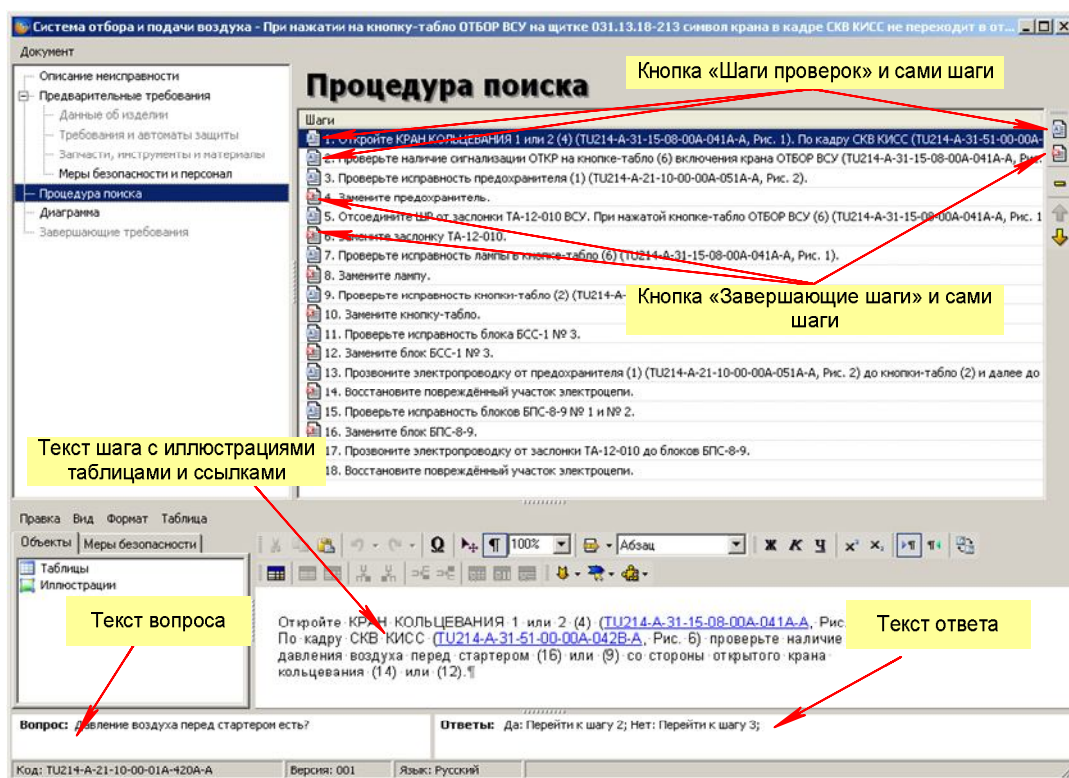


Рис. 6. Подготовка данных для процедуры поиска и устранения неисправностей с использованием TG Builder

В ходе использования ИЭТР пользователь видит на экране интерактивную диаграмму, определяющую последовательность выполнения операций на основе введенных пользователем ответов на задаваемые вопросы (рис. 7).

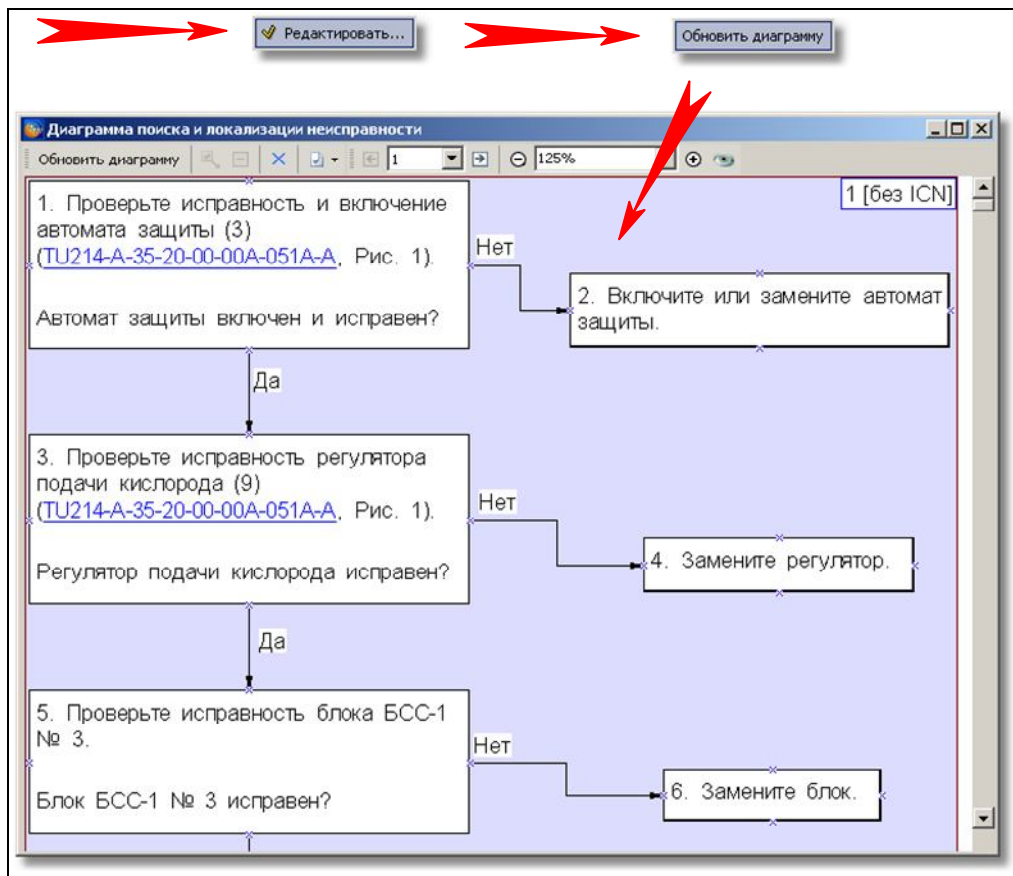


Рис. 7. Пример процедуры поиска неисправностей

### Интерактивные электронные каталоги предметов снабжения

Каталоги предметов снабжения (деталей и сборочных единиц, запасных частей, инструментов, материалов и т.д.) играют огромную роль в процессах эксплуатации. Их качество напрямую влияет на эффективность процессов заказа и получения необходимых средств МТО.

Как правило, иллюстрированный каталог содержит спецификации ФИ и его узлов, снабженные соответствующими иллюстрациями. В интерактивном электронном каталоге позиции на иллюстрации связываются ссылками с соответствующими позициями спецификации. Состав данных в спецификации регламентирован [4].

Иллюстрация может представлять собой электронный чертеж, цифровую фотографию или 3D-модель (рис. 8).

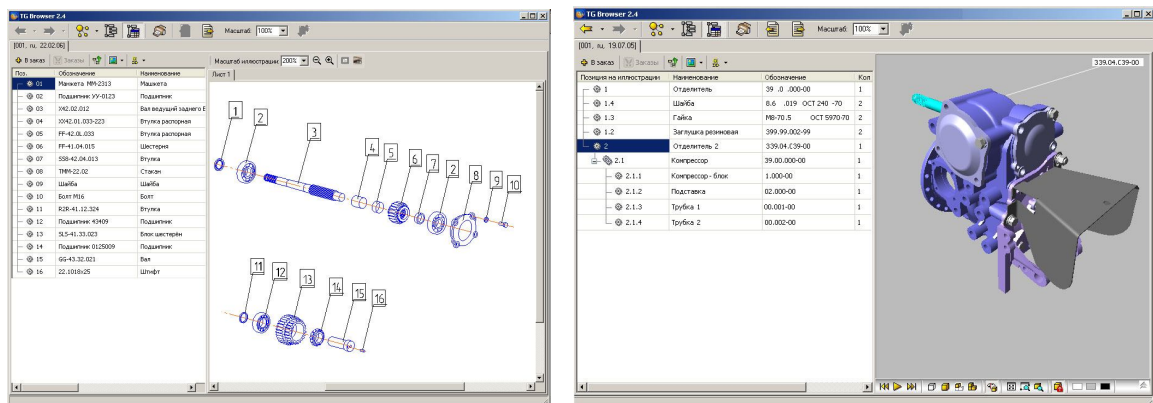


Рис.8. Примеры каталогов с электронным чертежом или 3D моделью в качестве иллюстрации

При необходимости, электронный каталог, подготовленный в системе TG Builder, может быть опубликован в сети Интернет (рис.9).

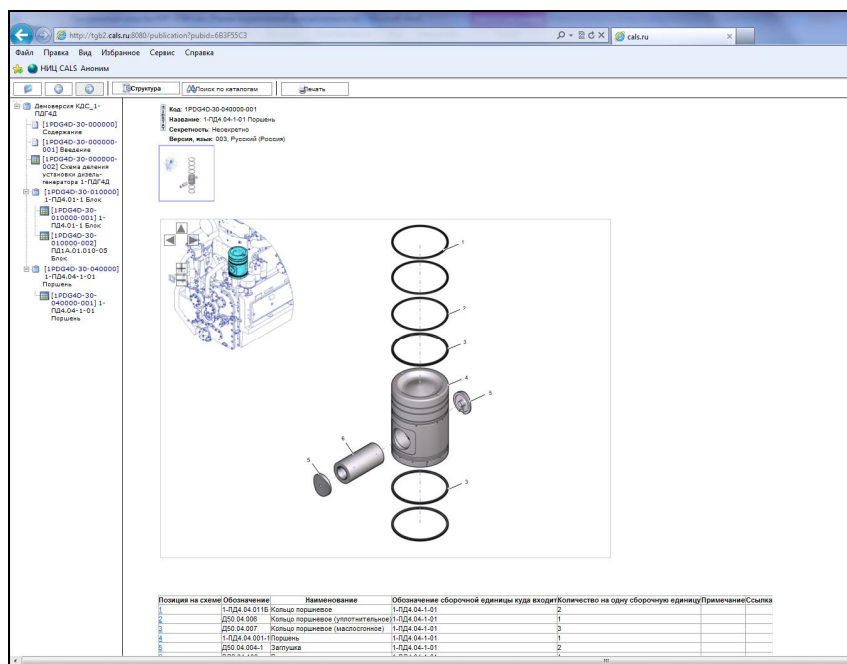


Рис.9. Публикация интерактивного электронного каталога в сети Интернет

### Подготовка ЭД для различных вариантов конфигурации изделия

Разработанные МД хранятся общей базе данных, откуда они могут быть извлечены в ходе формирования технических публикаций в электронном или бумажном виде. С использованием разнообразных механизмов управления конфигурацией документации обеспечивается выпуск ЭД на различные конфигурации ФИ (рис.10)

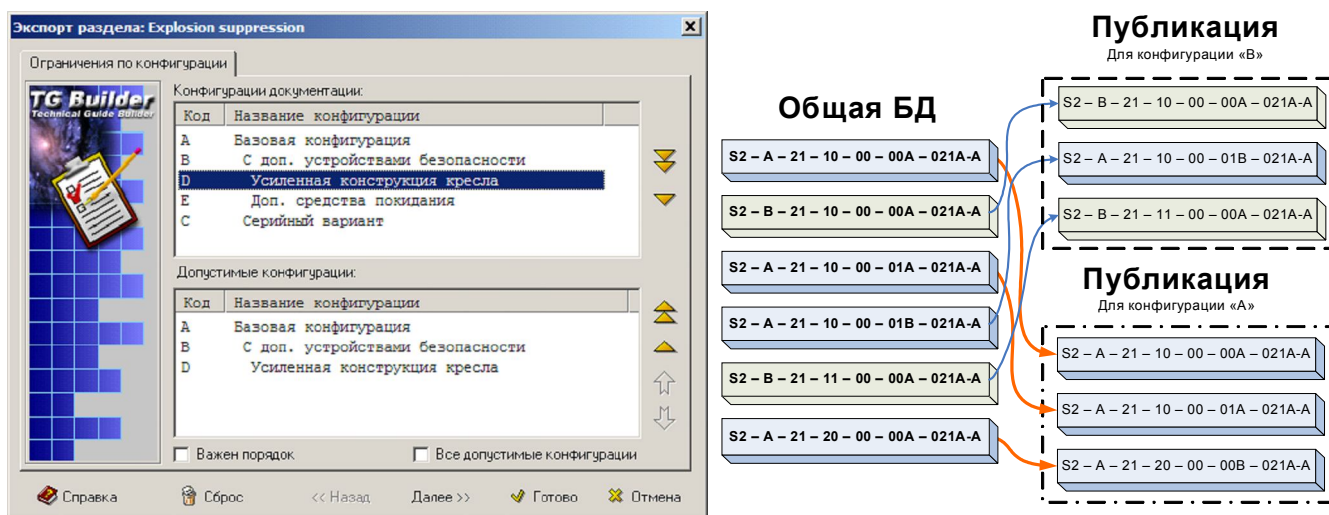


Рис. 10 Публикация ЭД для заданной конфигурации ФИ в системе TG Builder

Для отображения сформированного интерактивного руководства используется специальный программный модуль – электронная система отображения (ЭСО). Функциональность ЭСО соответствует основным требованиям [5].



**Система мониторинга процессов технической эксплуатации АТЛАС** обеспечивает сбор данных о ходе эксплуатации в интересах разработчика и изготовителя. Сведения о ходе эксплуатации обеспечивают обратную связь в системе ИЛП, при помощи которой осуществляется совершенствование разработанной системы технической эксплуатации.

Пользователями данной системы являются: разработчик (КБ), изготовитель (завод), представители изготовителя, работающие на территории эксплуатирующих организаций (гарантийные и сервисные бригады), эксплуатирующие организации, предприятия разработчики и поставщики комплектующих изделий.

По своей сути СМТЭ АТЛАС реализует идею «электронного дела изделия» - базы данных, отражающей в любой момент времени текущее состояние изделия и историю изменения его состояний [6]. Ниже приведено описание практической реализации такой системы на примере организации мониторинга процессов эксплуатации учебных вертолетов.

Электронное дело финального изделия включает в себя:

- сведения о текущем состоянии ФИ и его фактической наработке на текущий момент (рис.11);
- текущий состав ФИ и историю его изменения, связанного с плановыми заменами, техническим обслуживанием или ремонтом;
- сведения о комплектующих изделиях;
- сведения об эксплуатации, включая наработку финального изделия и его составных частей;
- сведения о выполненном плановом техническом обслуживании;
- сведения об обнаруженных отказах и работах по их устранению (замены, ремонт и т.д.).

**Экземпляр воздушного судна**

Тип ВС: АНСАТ-У : Вертолет учебно-тренировочный

Бортовой номер: 33030

Заводской номер: 33030

Дата изготовления: 27.11.2009

Дата начала гарантии: 01.12.2011

Номер контракта:

Дата контракта: 01.12.2011

Разработчик: Казанский вертолетный завод

Изготовитель: Казанский вертолетный завод

Владелец: Казанский вертолетный завод

Эксплуатант: ВЧ 21965

Метод эксплуатации: ТЭР

Комментарии:

Ресурсы, сроки службы и сроки хранения

|                          | До пер... | Межре... | Назнач... | Гарант... | СНЭ   | ППР   | Остаток |
|--------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-------|-------|---------|
| Ресурс в годах эксплуата | 8         | 8        | 8         | 2         | 2     | 612   | 6       |
| Ресурс в полетах, цикл   |           |          |           |           | 612   | 0     |         |
| Ресурс в посадках по-в   |           |          |           |           | 0     | 0     |         |
| Ресурс в посадках по-с   |           |          |           |           | 0     | 0     |         |
| Ресурс в часах, ч        | 2000      | 2000     | 2000      | 500       | 72:01 | 72:01 | 1927:59 |

Не учитывать изменения комплектности ВС

OK Отмена

Рис.11. Общие сведения о текущем состоянии финального изделия в системе АТЛАС

На каждое комплектующее изделие ведется «электронный паспорт», содержащий сведения о его серийном или заводском номере, разработчике и изготовителе, дате изготовления и поставки. Все это позволяет отслеживать все важные события, связанные с из-

делием: его наработку, плановое обслуживание и ремонт, перемещение с одного финального изделия на другое и т.д. Накапливаемые данные позволяют на последующих стадиях рассчитать фактические значения важнейших эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), в т.ч. показателей надежности.

Особое внимание уделяется сбору данных об отказах, выявляемых на стадиях испытаний и эксплуатации. Состав собираемых данных соответствует действующим нормативным документам. При необходимости в базе данных могут храниться фото и видеоматериалы (рис.12).

**Отказ**

Дата обнаружения: 01.12.2011 13:07      Дата устранения: 01.12.2011 13:07

№ и дата карточки Э: 030/17      01.12.2011      Состояние: Обнаружен

Воздушное судно

АНСАТ-У : Вертолет учебно-тренировочный №33030      33030

Местонахождение: ВЧ 21965      Нарботка ВС в часах: 72:01      Нарботка ВС в полетах: 612

Представитель

Организация: Организация 1      Сотрудник: Иванов И.П.

Адрес и описание отказа      Классификация отказа      Документы      Фотографии      Комментарии разработчика ПКИ

система: 065.10.00      Вал трансмиссии

шифр: 230-1526-000 (XB-23)      наименование: Вал хвостовой      заводской номер: 27523XB4070022

|                                  | СНЭ   | ППР   |
|----------------------------------|-------|-------|
| Ресурс в часах, час              | 72:01 | 72:01 |
| Ресурс в годах эксплуатации, год | 0     | 0     |

изготовитель:      СFI:      зона обслуживания: 310      Хвостовая балка

Агрегат

шифр:      наименование:      заводской номер:

Описание отказа: Обнаружено изнашивание элементов конструкции

Принятые меры: Замена на: 230-1526-000 (XB-23) : Вал хвостовой №27523XB4070023 01.12.2011 13:31 из фонда Казанский вертолетный завод

Добавить      ОК      Отмена

Рис.12 Сбор данных об отказах в системе АТЛАС

На основе собранных данных рассчитываются фактические значения ЭТХ, в том числе показатели надежности (рис. 13) ФИ и его комплектующих изделий. Полученные данные передаются в систему АЛП, где используются для уточнения программ технического и материально-технического обеспечения и эксплуатационной документации.

Информационное взаимодействие между эксплуатирующими организациями, разработчиком, изготовителем, предприятиями-поставщиками ПКИ и другими участниками осуществляется в режиме on-line путем прямого доступа к единой базе данных через сеть Интернет или путем обмена пакетами данных согласованного формата.

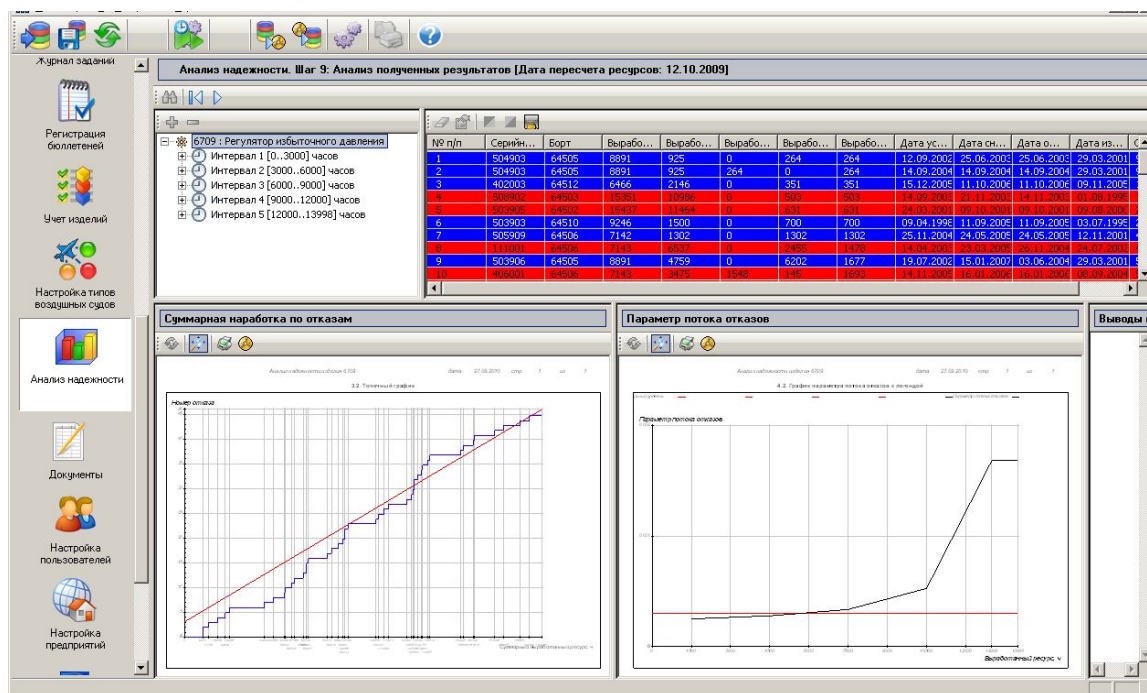


Рис.13 Анализ собранных данных о надежности в системе АТЛАС

Рассмотренный комплекс программных средств (LSA Suite, TG Builder и АТЛАС) позволяет в рамках единой информационной среды, единого набора моделей и форматов данных решать основные задачи ИПП, связанные с разработкой, сопровождением и развитием системы технической эксплуатации изделия в ходе его жизненного цикла.

#### Литература

1. ГОСТ 53394-2009 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
2. Программный комплекс для решения задач АПП наукоемкой продукции [В Интернете]. Available: <http://www.cals.ru/products/LSA/> [Дата обращения: 25 04 2012].
3. ASD S1000D Technical Publication based on Common Source Data Base v.4.0.
4. ГОСТ 54090-2010. Интегрированная логистическая поддержка. Каталоги и перечни предметов поставки.
5. ГОСТ 54088-2010. Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. Основные положения и общие требования.
6. ГОСТ 54089-2010 Интегрированная логистическая поддержка. Электронное дело изделия.