

УДК 004.942

А.В. Каратанов

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Рассмотрены один из шагов внедрения единого информационного пространства в рамках CALS – создание функциональной модели процесса проектирования, а также методология SADT и ее функциональная составляющая – IDEF0. Приведен анализ стадий и этапов проектирования авиационной техники в соответствии с действующими стандартами. Представлена функциональная модель процесса проектирования.

Ключевые слова: единое информационное пространство, авиационная техника, проектирование, конструкторское бюро, функциональная модель, SADT, IDEF0, автоматизация, информационная поддержка жизненного цикла.

Введение

Среди всех стадий жизненного цикла авиационной техники (АТ) следует выделить именно проектирование, требующее особенно тщательного подхода при принятии тех или иных концептуальных решений относительно летательного аппарата, поскольку ошибка в требованиях, облике или оценке эффективности, допущенная на этой стадии, приведет впоследствии к большим невосполнимым потерям на всех последующих этапах жизненного цикла. К тому же задача проектирования и разработки такой сверхсложной системы, какой является летательный аппарат (ЛА), предполагает многовариантность и итеративность процесса разработки.

Основной раздел

Современные условия проектирования предполагают реализацию этого процесса в рамках методологии CALS – информационной поддержки жизненного цикла изделия на всех его стадиях и этапах. Но внедрение CALS невозможно без реорганизации процесса проектирования. Для этого необходимо создание функциональной модели, отражающей этапы проектирования и функции отделов конструкторского бюро, а также потоки информации и материальных объектов, что, в свою очередь, является одним из шагов внедрения единого информационного пространства (ЕИП) проектирования объектов АТ.

SADT (Structured Analysis and Design Technique – методология структурного анализа и проектирования) предполагает построение IDEF0-модели процесса проектирования. Методология функционального моделирования IDEF0 (Icam DEFinition), являющаяся основной частью программы ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing – интегрированная компьютеризация производства), широко используется в CALS. С ее помощью создается функциональная модель, отражающая процессы и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов. Данная модель

может иметь любую необходимую глубину декомпозиции, вплоть до описания действий, выполняемых отдельными специалистами на конкретных рабочих местах, с указанием условий выполнения и перечня используемых ресурсов. Описание бизнес-процессов в форме функциональных моделей имеет ряд преимуществ:

- модель является своеобразной «программой управления» персоналом, поскольку определяет, кто, при каких условиях и с использованием каких ресурсов выполняет те или иные функции;

- модель определяет материальные потоки и документооборот и позволяет установить регламенты обмена результатами различных процессов;

- модель служит методической основой для настройки прикладных программных систем;

- модель является удобным средством анализа, пригодным для поиска путей совершенствования организации и управления процессами [1].

Таким образом, использование методологии IDEF0 позволяет провести анализ деятельности предприятия, выявить слабые стороны в производственной или управленческой структурах и найти пути их перестройки. Организационную и технологическую перестройку процессов, составляющих в совокупности деятельность организации, принято называть *реинжинирингом*.

Рассмотрим методику формирования системной функциональной модели. Функциональная модель отображает структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемых этими функциями. Модель описывает, что происходит в системе, как ею управляют, что она преобразует, какие средства использует для выполнения своих функций и что производит. Эти модели разрабатываются на основе методологии моделирования IDEF. Для создания функциональной модели конкретно используется методология IDEF0, методологии IDEF1 и IDEF2 применяются для создания информационной и динамической моделей [2].

Процесс создания ЛА может быть описан в терминах входов, выходов, управлений и механизмов реализации функций и задач, т.е. представлен функциональными схемами стандарта IDEF0 как композиция ICOM-блоков (рис. 1).

Разработку функциональных моделей для каждого из этапов, процессов жизненного цикла следует выполнять с учетом точек зрения их конкретных исполнителей, проектанта ЛА, а для отдельных этапов – также самолетостроительного и ремонтного заводов.



Рис. 1: Изображение блока IDEF0: а – стандартное; б – более детальное

Здесь и далее под *жизненным циклом* (ЖЦ) будем полагать: совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от начала исследования и обоснования разработки до прекращения эксплуатации изделия, применения (хранения) материала [3, 4].

На рис. 2 изображена диаграмма А-0 – специальный вид диаграммы IDEF0 (контекстной), состоящий из одного блока, описывающий функцию верхнего уровня, ее входы, выходы, управление и механизмы вместе с формулировками цели модели и точки зрения, с которой строится модель.

В соответствии со стандартами ДСТУ 3278-95 [4] и ГОСТ Р 15.000-94 [5] необходимо выделить следующие *стадии жизненного цикла* АТ:

1. Исследование и обоснование разработки – стадия жизненного цикла продукции от возникновения замысла до обоснования возможности и целесообразности создания изделий и материалов.

2. Разработка – стадия жизненного цикла продукции, заключающаяся в изменении состояния продукции – от формулирования требований техни-

ческого задания (ТЗ) на выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию продукции до воплощения их в новых опытных образцах, в новых материалах.

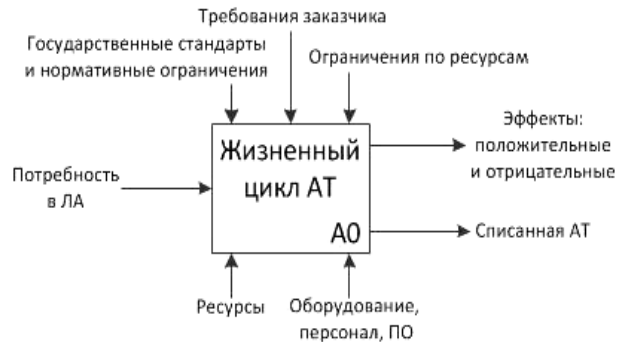


Рис. 2. Контекстная диаграмма верхнего уровня А-0

3. Производство – стадия жизненного цикла продукции, на которой осуществляются организация и промышленное изготовление продукции. Стадия производства продукции содержит постановку на производство, установившееся производство и снятие с производства.

4. Эксплуатация – стадия жизненного цикла продукции, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается качество изделия. Эксплуатация изделия включает в себя в общем случае: ввод в эксплуатацию, использование, хранение, транспортирование, техническое обслуживание, текущий и средний ремонт, прекращение эксплуатации, списание (передачу, утилизацию, уничтожение).

5. Капитальный ремонт – стадия жизненного цикла, предполагающая ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Далее представлен верхний уровень функциональной диаграммы жизненного цикла АТ (рис. 3), являющейся одновременно дочерней диаграммой для А-0 и родительской диаграммой для всех последующих диаграмм. Эта диаграмма имеет наименование А0 в соответствии с единственным блоком контекстной диаграммы А-0.

Учитывая, что термин «проектирование» не определен ни в одном из действующих ГОСТов, будем полагать, что *проектирование* – это процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта на основе первичного описания этого объекта, или алгоритма его функционирования, или алгоритма процесса.

Таким образом проектирование ЛА охватывает первые две стадии ЖЦ: исследование и обоснование разработки; разработка ЛА. Функциональная модель процесса проектирования представлена контекстной диаграммой А-1 (рис. 4).

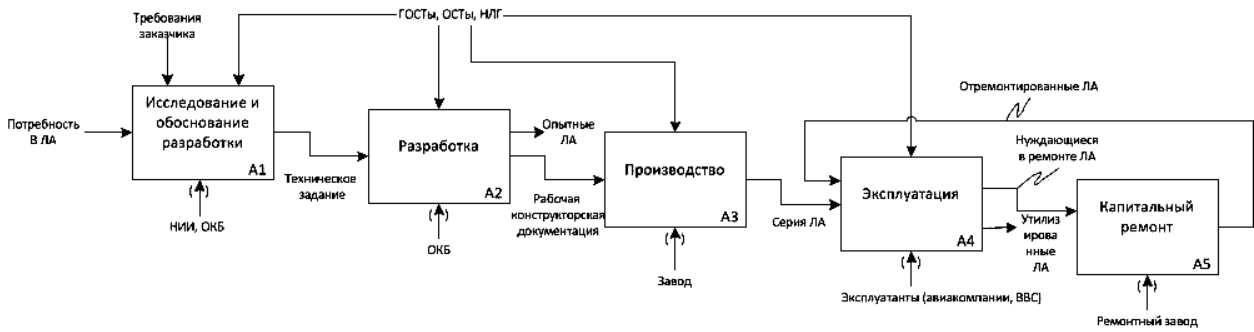


Рис. 3. Родительская диаграмма функциональной модели жизненного цикла АТ

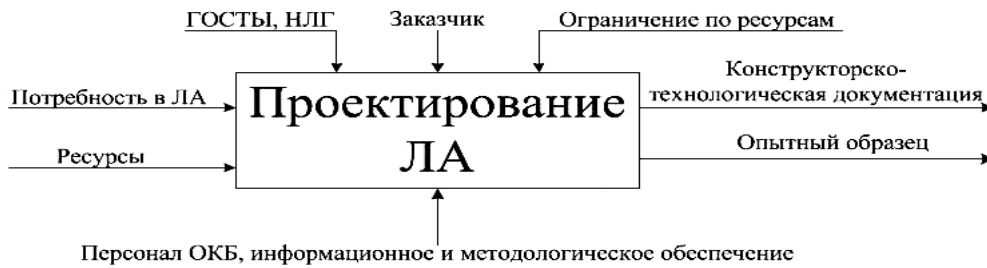


Рис. 4. Контекстная диаграмма верхнего уровня модели проектирования ЛА

Далее рассмотрим, соответственно, первую и вторую стадии ЖЦ АТ. В соответствии со стандартами ГОСТ 2.103-68 [6], ДСТУ 3974-2000 [7] и ГОСТ Р 15.201-2000 [8], а также работой [9] можем дополнить функциональную модель ЖЦ АТ посредством декомпозиции первых двух блоков родительской диаграммы А0 и выделением ряда работ, проводимых на этих стадиях.

Исследование и обоснование разработки – стадия, результатом которой является *техническое задание* (ГОСТ 15.001-88), формулирующее требо-

вания к объекту проектирования. Разработку ТЗ предваряют **предпроектные исследования**, в ходе которых проводятся *научно-исследовательские работы* (НИР) (ГОСТ 15.101-98), имеющие своей целью научное обоснование исходных данных для разработки требований к новой продукции и выявление наиболее эффективных решений.

Функциональная модель этой стадии ЖЦ АТ представлена на рис. 5. Этот комплекс работ обычно называют «внешним проектированием».

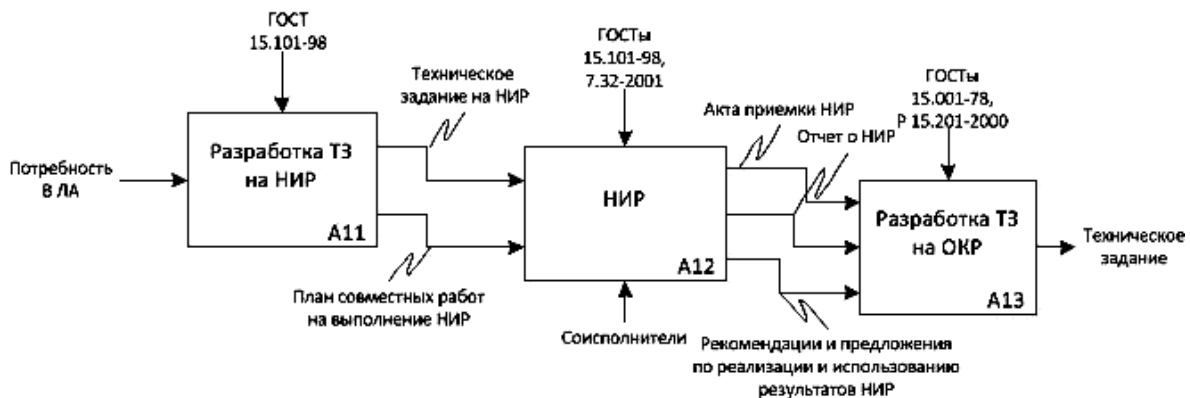


Рис. 5. Декомпозиция функционального блока А1

Разработка включает в себя:

1. **Предварительное проектирование** – стадия разработки *аванпроекта* иначе называемого *техническим предложением* (ГОСТ 2.118-73), в котором содержатся уточненные требования к объекту проектирования.

2. **Эскизное проектирование**, на котором происходит определение схемных и конструктивных решений изделия, дающих общее представление о

его устройстве и принципах работы, результат – *эскизный проект* (ГОСТ 2.119-73).

3. **Техническое проектирование** – стадия, позволяющая определить окончательные конструктивные решения, дающие полное представление о конструкции изделия, результатом является *технический проект* (ГОСТ 2.120-73).

4. **Рабочее проектирование** – последняя стадия проектирования: разработка полного комплекта

конструкторской документации для изготовления и испытания изделия, называемого *рабочей конструкторской документацией* (перечень работ в соответствии с ГОСТ 2.103-68).

Следует также отметить, что в ряде случаев к рабочему проектированию относят: изготовление опытного образца изделия и проведение предварительных испытаний; проведение государственных испытаний опытного образца; корректировку рабочей конструкторской документации и доработку опытного образца (иногда же их выделяют в отдельные стадии). Заметим, что стадию разработки обычно называют «внутренним проектированием», а вместе с внешним они образуют цикл опытно-конструкторских работ.

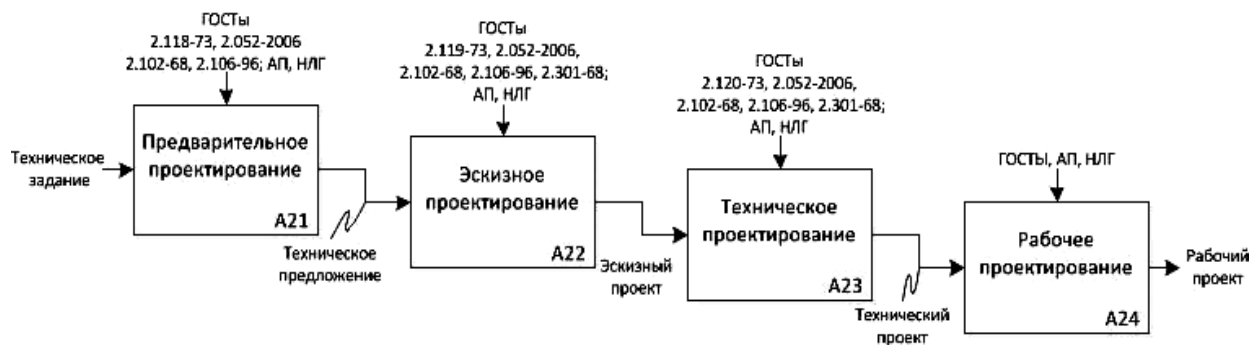


Рис. 6. Декомпозиция функционального блока A2

Средства IDEF облегчают передачу информации от одного участника разработки модели к другому, что связано с соблюдением ряда строгих формальных правил при разработке моделей. Это особенно важно, так как модель является результатом скоординированной коллективной работы, при которой авторы создают данные модели и передают их другим участникам проекта для рассмотрения и замечаний.

Действуя таким образом, переходим с n -го уровня через системный и подсистемный до элементарного уровня моделирования и уточняем функциональную системную модель.

Если тактико-технические характеристики элементарных задач при системном моделировании будут удовлетворять тактико-техническим требованиям к системе в целом, то можно считать, что этап проектирования ЛА в ЕИП, связанный с функциональным анализом, успешен.

Приведем далее пример функциональной диаграммы, являющейся дочерней по отношению к функциональному блоку A22 (рис. 7); перечень работ взят по ЕСКД. Дальнейшая декомпозиция возможна только лишь с учетом специфики определенного КБ.

В связи с расширяющимся применением информационных технологий и, в частности, CALS-технологий, в промышленности Украины чреватым является отсутствие литературы, в которой приводятся основные сведения о методологии IDEF0 и

В целом же этапы конкретной ОКР, а также порядок их приемки должны быть оговорены в ТЗ на ОКР и договоре на ее выполнение [10].

В различных отраслях промышленности существуют определенные особенности в составе и последовательности проектных работ. В частности, в авиационной промышленности не предусмотрена отдельная стадия технического проекта, она объединяется с рабочим проектированием [11, с. 81]. В соответствии с этим утверждением отнесем перечень работ, выполняемых на стадии технического проектирования, к стадии рабочего проектирования.

Далее (рис. 6) приведена функциональная модель для стадии разработки, являющаяся декомпозицией диаграммы A2.

графическом языке описания моделей, а также практические указания по методике разработки таких моделей. Исходя из сказанного выше, при составлении функциональной модели стоит использовать рекомендации [12], регламентирующие правила построения функциональных моделей.

Важно отметить, что все проектные действия с объектами АТ, в соответствии с методологией CALS следует выполнять в ЕИП. А для обмена данными в ЕИП необходимо использовать международный стандарт ISO 10303 STEP – Standard for Exchange of Product Data (стандарт обмена данными об изделии). Этот стандарт формализует вопросы хранения и обмена данными.

Основой стандарта служит специально введенный язык описания типов данных EXPRESS. Единичное изображение моделей изделий в различных прикладных областях обеспечивается использованием описанного языком EXPRESS ограниченного набора типов данных интегрированных информационных ресурсов.

Данный набор стандартов, методологий и рекомендаций позволит сформировать функциональную модель процесса проектирования АТ.

Это, в свою очередь, является одним из шагов, направленных на разрешение противоречий между всевозрастающей сложностью процесса проектирования и необходимостью сокращения сроков разработки.

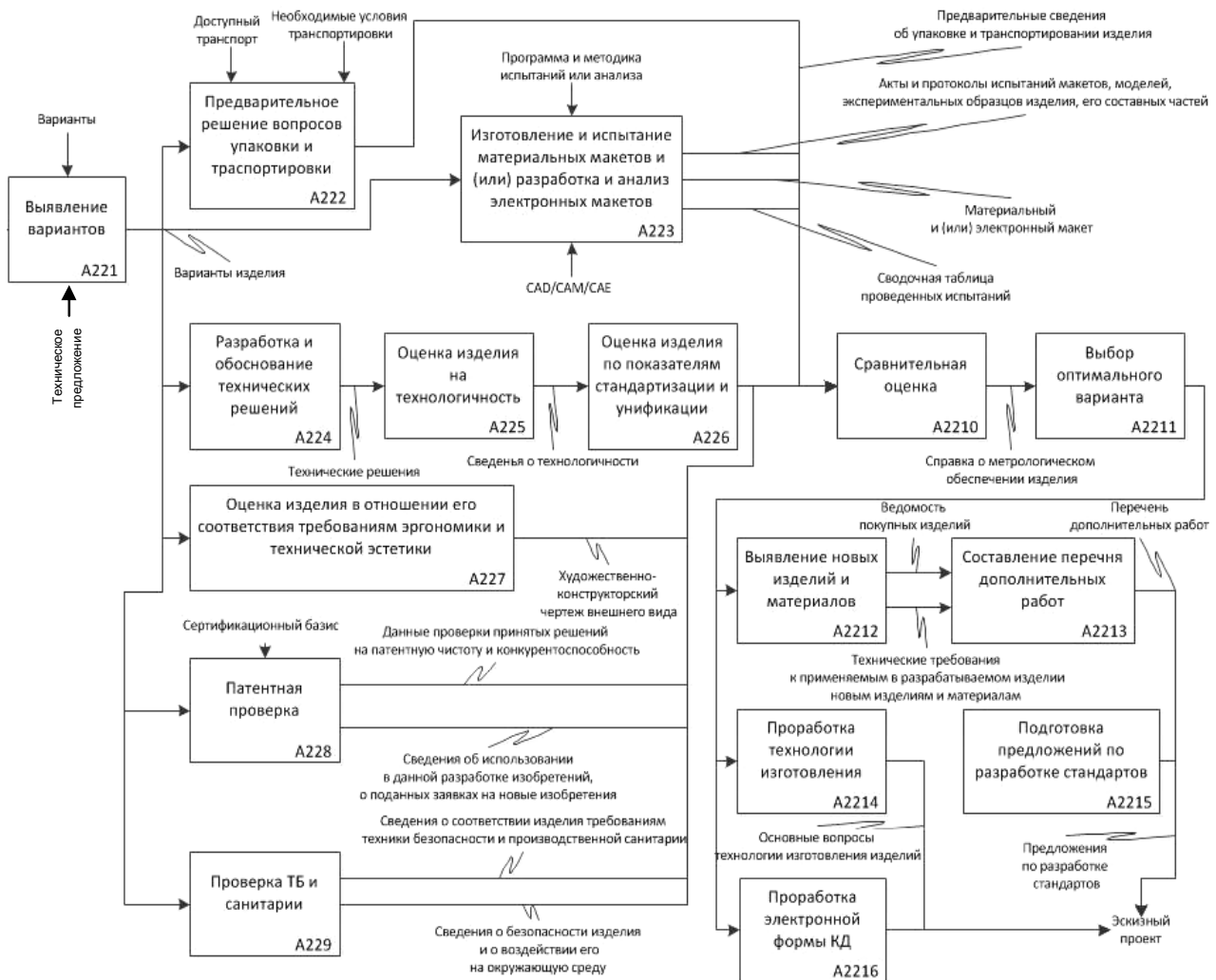


Рис. 7. Декомпозиция функционального блока A22

Список литературы

1. Левин, А.И. CALS – предпосылки и преимущества [Текст] / А.И. Левин, Е.В. Судов // Открытые системы. – 2001. – № 03. – С. 24-28.
2. Каратанов А.В. Формирование функциональной модели проектирования ЛА в едином информационном пространстве / А.В. Каратанов // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2011 – С. 73.
3. Р 5.605.80-93. Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения. – Введ. впервые 07-09-1993. – М.: Изд-во стандартов, 93. – 45 с.
4. ДСТУ 3278-95. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення. – Чинний з 01.01.1997. – К.: Держстандарт України, 1996. – 58 с.
5. ГОСТ Р 15.000-2004. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения. – Введ. 01.01.1995. – М.: Стандартинформ, 1995. – 9 с.
6. ГОСТ 2.103-68. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. – Введ. 01.01.1971. – М.: Стандартинформ, 2007. – 5 с.
7. ДСТУ 3974-2000. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. – Чинний з 01.07.2001. – К.: Держстандарт України, 2001 – 38 с.

8. ГОСТ Р 15.201-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Введ. 01.01.2001. – М.: Госстандарт, 2000. – 9 с.

9. Проектирование самолетов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Ф.И. Склянский и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

10. ГОСТ Р 15.201-2000. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Введения 01.01.2001. – М.: Изд-во стандартов. – 9 с.

11. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями [Текст]: учеб. пособ. / П.В. Балабуев, С.А. Бычков, А.Г. Гребеников и др. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2003. Ч. 1. – 390 с.

12. Р 50.1.028-2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – Введ. впервые; действует с 02-07-2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 49 с. Госстандарта России

Поступила в редколлегию 27.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

**ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ
АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ В ЄДИНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ**

О.В. Каратанов

Розглянуто один з кроків впровадження єдиного інформаційного простору в рамках CALS - створення функціональної моделі процесу проектування, також розглянуті методологія SADT і її функціональна складова - IDEF0. Наведено аналіз стадій і етапів проектування авіаційної техніки у відповідності з діючими стандартами. Подана функціональна модель процесу проектування.

Ключові слова: *єдиний інформаційний простір, авіаційна техніка, проектування, конструкторське бюро, функціональна модель, SADT, IDEF0, автоматизація, інформаційна підтримка життєвого циклу.*

FUNCTIONAL MODEL OF AIRCRAFT DESIGN IN AN INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT

A.V. Karatanov

There is considered one of the steps of implementation an integrated information environment within the framework of CALS – the creation of a functional model of design. There is also accounted the methodology of SADT and its functional part - IDEF0. The article presents the analysis of all stages and steps of an aircraft design in accordance with standards and a functional model of the design process.

Keywords: *integrated information environment, aviation technique, design, design office, functional model, SADT, IDEF0, automatization, CALS.*