

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ И ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

И. В. Бычков¹, С. И. Планковский², А. А. Романов³

¹bychkov_i_v@mail.ru, ²s.plank@khai.edu, ³romanov@netdocs.webby.com

¹Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», Украина

²Издательство «Большая Украинская энциклопедия», Украина

Поступила в редакцию 14.11.2013

Аннотация. Процедуры формирования моделей состояний объекта производства в течение его жизненного цикла и процессов их достижения, выбора форматов моделей, внесения и корректировки информации должны быть включены в систему управления качеством продукции. Это позволяет организовать эффективное управление разработкой, производством и эксплуатацией авиационной техники, создать информационную основу для формирования соответствующих технических регламентов и практического их применения.

Ключевые слова: жизненный цикл изделий; аналитический эталон; 4d-модель.

Применение компьютерных технологий рассматривается как стратегия промышленности, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование электронных данных, поддерживающих жизненный цикл изделия (ЖЦИ). Для авиационно-космической отрасли ЖЦИ – совокупность взаимосвязанных во времени процессов последовательного изменения состояния летательного аппарата (ЛА). ЖЦИ включает: концепцию изделия и организацию управления проектом, технико-экономическое обоснование целесообразности создания ЛА, включая научно-исследовательские работы, опытно-конструкторские разработки, подготовку производства и организацию серийного производства, сертификацию изделия, эксплуатацию, модернизацию, капитальный ремонт, демонтаж и утилизацию на основе компьютерных технологий, т.е. с момента начала его изготовления до момента снятия с эксплуатации [1]. Иными словами, ЖЦИ – совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния от начала исследования и обоснования разработки до окончания эксплуатации изделия [2]. Такое утверждение можно справедливо отнести к серии изделий, для выпуска которой и выполнен проект.

Проектирование и конструирование объектов авиационно-космической отрасли относятся к сфере деятельности специализированных конструкторских бюро. В их задачи помимо конструирования нового изделия включается и опи-

сание (моделирование) стадий ЖЦИ реального изделия от начала его производства до окончания эксплуатации и утилизации. На этом этапе разработки проекта многие его этапы имеют директивный характер, поскольку при конструировании нового изделия в КБ сложно реализовать проектирование операционных технологических процессов для серийного предприятия. На этапе доводки опытного образца в КБ не всегда возможно разработать пригодную для эксплуатации изделия документацию. Поэтому, например, технологическая информация, отраженная в соответствующей документации, будет далека от совершенства. Подразумевается дальнейшее сотрудничество с другими участниками проекта для коррекции этой информации.

Информацию о новом изделии КБ передает серийному предприятию, что и является для него началом технологической подготовки производства. Жизненный цикл каждого экземпляра изделия для любой организации серийного машиностроения начинается с производственного цикла – периода времени, в течение которого сырье, материалы и комплектующие превращаются в готовую продукцию, что и обеспечивает предприятию прибыль. Следует заметить, что предшествующая производству его технологическая подготовка является для предприятия в условиях рынка исключительно затратным этапом, который выполняется перед началом производственного цикла. Тем самым констатируется принципиальное различие этих этапов для

предприятия. В начале производственного цикла каждому экземпляру изделия присваивается производственный номер, что условно можно считать началом этапа производства, т.е. первой стадией жизненного цикла экземпляра изделия. Процесс испытания предшествует передаче изделия в эксплуатацию, началом которой служит момент присвоения ему серийного номера.

Для эксплуатирующих организаций жизненный цикл, естественно, связан с периодом активного функционирования каждого экземпляра изделия. Поддержание эксплуатационной годности во многом зависит от информационной поддержки разработчиков, производителей и поставки комплектующих. Разработчики и производители крайне заинтересованы в получении информации о широком спектре характеристик изделия при его эксплуатации, что далеко не всегда оказывается в сфере интересов эксплуатирующих организаций, не имеющих для такого рода деятельности соответствующей материальной базы и нормативно-информационной среды.

Неоднозначное восприятие жизненного цикла изделия производственными предприятиями, конструкторскими и эксплуатирующими организациями формирует различные требования к содержанию информации, что обеспечивает ее искажение и потерю в процессе сбора. Затруднения при обработке и анализе информации в таком случае не позволяют удовлетворить интересы, в том числе и экономические, участников и исполнителей отдельных стадий ЖЦИ, что приводит к проблемам с доведением проектов до требований к серийным изделиям.

В современных условиях многие предприятия, участвующие в ЖЦИ, являются независимыми хозяйственными субъектами, их действия слабо координированы между собой, а взаимосвязи с конечными потребителями продукции не всегда служат источником их благополучия. Такая форма взаимоотношений приводит к отсутствию консолидированной ответственности перед заказчиком со стороны конструкторов, производителей и поставщиков комплектующих изделий.

Приведенный выше анализ позволяет сделать заключение, что жизненный цикл каждого экземпляра серийного изделия авиастроения включает следующие основные стадии: производство, испытания, эксплуатация и утилизация. Для практической реализации каждой из них важной составляющей выступает информационное обеспечение, которое предоставляется в виде документов. С целью получения требуемой информации организуется выполнение соответ-

ствующего проекта, который реализуется для выпуска заданной серии изделий.

При формировании концепции и обоснования целесообразности создания изделия выполняется описание функционирования нового изделия при его эксплуатации, что находит свое отражение в техническом задании (ТЗ) (рис. 1, кривая ТЗ) [3]. Этап выполняется КБ.

При проведении теоретических и экспериментальных исследований, помимо разработки конструкции будущего изделия выполняются изыскания принципов и путей создания нового изделия на стадии «Производство», уточняются характеристики изделия на стадии «Эксплуатация», что отражается в документации этапа научно-исследовательских работ (НИР) (см. рис. 1, кривая «НИР»). Этап выполняется КБ.

При выполнении этапа опытно-конструкторских работ (см. рис. 1, кривая ОКР) разрабатываются конструкторская и технологическая документация (КД и ТД), опытный образ изделия, производится его изготовление, проводятся предварительные и приемные испытания опытного образца, доработка КД и ТД для организации производства, стадии испытаний, стадии эксплуатации и отдельные фрагменты стадии утилизации, что находит отражение при выполнении этапа опытно-конструкторских работ. Этап выполняется КБ.

При проведении технологической подготовки производства (рис. 1, кривая «ТПП») уточняются КД и ТД с учетом типа производства и структуры предприятия-изготовителя. Этап выполняется изготовителями и КБ, но большая его часть – предприятием-изготовителем.

Площадь фигуры между двумя соседними кривыми представляет собой объем информации, полученной в процессе выполнения этапа разработки для всех стадий ЖЦИ. Ниже приведено графическое представление накопления информации об изделии на различных этапах разработки и распределения информации по стадиям жизненного цикла экземпляра изделия.

Показанный на рис. 1 процесс сбора информации при разработке нового изделия позволил:

- выделить жизненный цикл экземпляра изделия из общепринятого толкования жизненного цикла изделия, которое можно отнести к проектируемой серии изделий;
- показать отличие в описании стадий ЖЦИ экземпляров изделий от этапов их разработки;
- сформулировать необходимость построения единой модели, описывающей объект производства и эксплуатации на стадиях его ЖЦ.

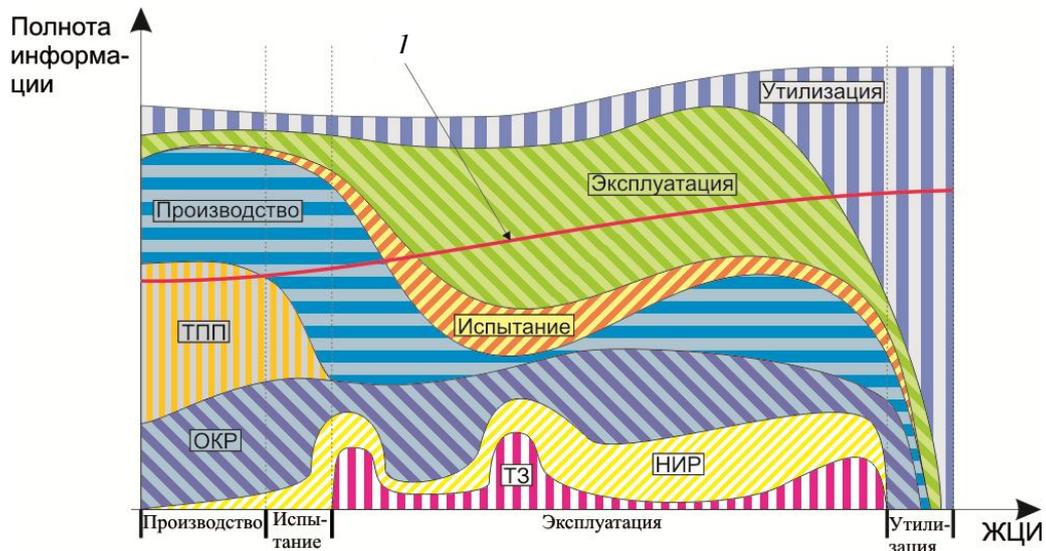


Рис. 1. График накопления информации в процессе ЖЦ экземпляра изделия:
 I – минимальный уровень информации для выполнения стадии ЖЦ экземпляра изделия



Рис. 2. Стадии ЖЦ экземпляра изделия и его аналитический эталон

Аналитический эталон изделия (АЭИ) – модель, описывающая идеальную последовательность действий, которые необходимо произвести для получения состояния изделия (СИ) в заданный момент времени жизненного цикла экземпляра изделия (рис. 2)[3].

$$СИ_i = АЭИ(t_i), \quad (1)$$

где i – номер текущего СИ, $i = 0, \dots, N$; N – общее количество СИ в ЖЦ экземпляра.

Если жизненный цикл экземпляра изделия – последовательность процессов от начала запуска изделия в производство до его утилизации, то аналитический эталон дает идеальное описание объекта на этих стадиях от начала его запуска в производство до окончания утилизации.

Описание ЖЦ экземпляра, например, изделия авиастроительного предприятия, можно упрощенно представить такой последовательностью взаимосвязанных моделей (рис. 2):

- поставка материала и доведение его до состояния заготовок, аналитические эталоны которых (АЭз) являются обязательным услови-

ем начала этого вида деятельности, что позволяет разработать модели процессов получения заготовок (МПз);

- изготовление деталей в соответствии с аналитическими эталонами деталей (АЭд) согласно соответствующим моделям (МПд);

- комплектация деталей перед сборкой, завершающаяся формированием сборочных комплектов, куда входят все детали, поступающие на сборку в состоянии поставки или после контроля цеха изготовителя (МПкомп), что описывается аналитическим эталоном сборочного комплекта (АЭкомп);

- выполнение сборочных операций (МПсб), в том числе и путем изменения геометрии соединительных элементов, что означает окончание стадии «Производство», состояние изделия описывается аналитическим эталоном сборки (АЭсб);

- выполнение испытаний, снаряжение и заправка всех систем, нивелировка реперных точек изделия с целью учета возможных изменений геометрии конструкции под воздействи-

ем силы тяжести, сил трения в механизмах или других факторов согласно МПисп, что описывается аналитическим эталоном изделия после испытаний (АЭисп);

- эксплуатация до проведения первых регламентных работ, например после налета 50 ч, что описывается аналитическим эталоном изделия перед регламентными работами (АЭр1) и процессами по его выполнению (МПр1);

- эксплуатация до выполнения капитального ремонта, что описывается аналитическим эталоном изделия перед капитальным ремонтом (АЭкр) и процессами по его выполнению (МПкр);

- эксплуатация до выработки ресурса, что описывается выполнением определенных процедур (МПэр), а в соответствующем аналитическом эталоне (АЭэр) указаны параметры, достижение которых должно означать окончание эксплуатации;

- утилизация изделия, что означает выполнение определенных процессов (МПутил), описывающих переход к аналитическому эталону изделия после его утилизации (АЭутил).

Сам процесс создания аналитического эталона изделия состоит из последовательности этапов, что и определяет его собственный жизненный цикл. Жизненный цикл аналитического эталона изделия (ЖЦАЭИ) – последовательность процессов от зарождения идеи об изделии до ликвидации всей информации о нем. На рис. 3 показан процесс накопления информации об изделии на этапах ЖЦАЭИ при разработке нового изделия.

Процесс выпуска серийной продукции неразрывно связан с необходимостью выполнения на рабочих местах контрольных операций. Каждая из них заключается в сравнении эталонной модели детали (заготовки, сборки и т. п.) с моделью реальной детали (ее портретом, П), с целью подтверждения качества, а именно:

$$|F(AЭ) - F(П)| < F(Δ), \quad (2)$$

где $F(AЭ)$ – определяющие параметры аналитических эталонов объектов производства; $F(П)$ – определяющие параметры их портретов; $F(Δ)$ – допустимые погрешности определяющих параметров.

Положительные результаты выполнения условия (2) означают завершение технологической операции или всего процесса. Его нарушение приводит к необходимости анализа этого факта. Причины могут быть связаны как с ошибками при выполнении ТПП, так и с недостатками конструкции. Решение подобных вопросов:

- требует оперативности, для чего необходимо, как правило, привлечение значительных объемов данных с высокой наглядностью их восприятия;

- обеспечивает коррекцию информации об объекте производства (изделии) и увеличивает ее полноту.

Установление причин нарушения условий (2) приводит к необходимости внесения изменений в технологические процессы или в конструкцию изделия. Установление истинной причины возникших проблем обусловлено экономическими последствиями для виновной стороны, что также требует оперативного предоставления значительных объемов информации. По мере изготовления 2-го, 3-го, ..., 20-го экземпляра изделия информация АЭИ должна дополняться, чему призван способствовать анализ выполнения процедур контроля (2).

В базе данных организовано хранение аналитических эталонов оригинальных деталей, включающих в себя: аналитический эталон геометрии, модель покрытий, модель твердости поверхности, модель шероховатости, модель допусков формы (для особо ответственных деталей), модель допусков расположения, модель чистоты поверхности и т. п. [4]. Модель сборки определяется составом изделия и содержит ссылки на аналитические эталоны деталей с последовательностью, определяемой порядком сборки. Этот же механизм позволяет существенно снизить как трудоемкость формирования моделей, так и объем памяти, необходимый для ее хранения.

Такой же механизм используется для формирования последовательности моделей, входящих в АЭИ. При их формировании необходимо вносить только изменения, происходящие на каждой стадии ЖЦ с отдельными сборками, узлами или деталями. Ссылки на все остальные составляющие модели остаются без изменения.

Процесс эксплуатации серийной продукции приводит к росту полноты информации об объекте производства. Это связано с очень широкими изменениями характеристик условий эксплуатации, увеличением экземпляров изделий по мере их выпуска, сложностью самого изделия и неоднозначностью происходящих при эксплуатации процессов. Процедуры сбора и хранения информации для последующего ее анализа специалистами КБ и производителя становятся очень востребованными.

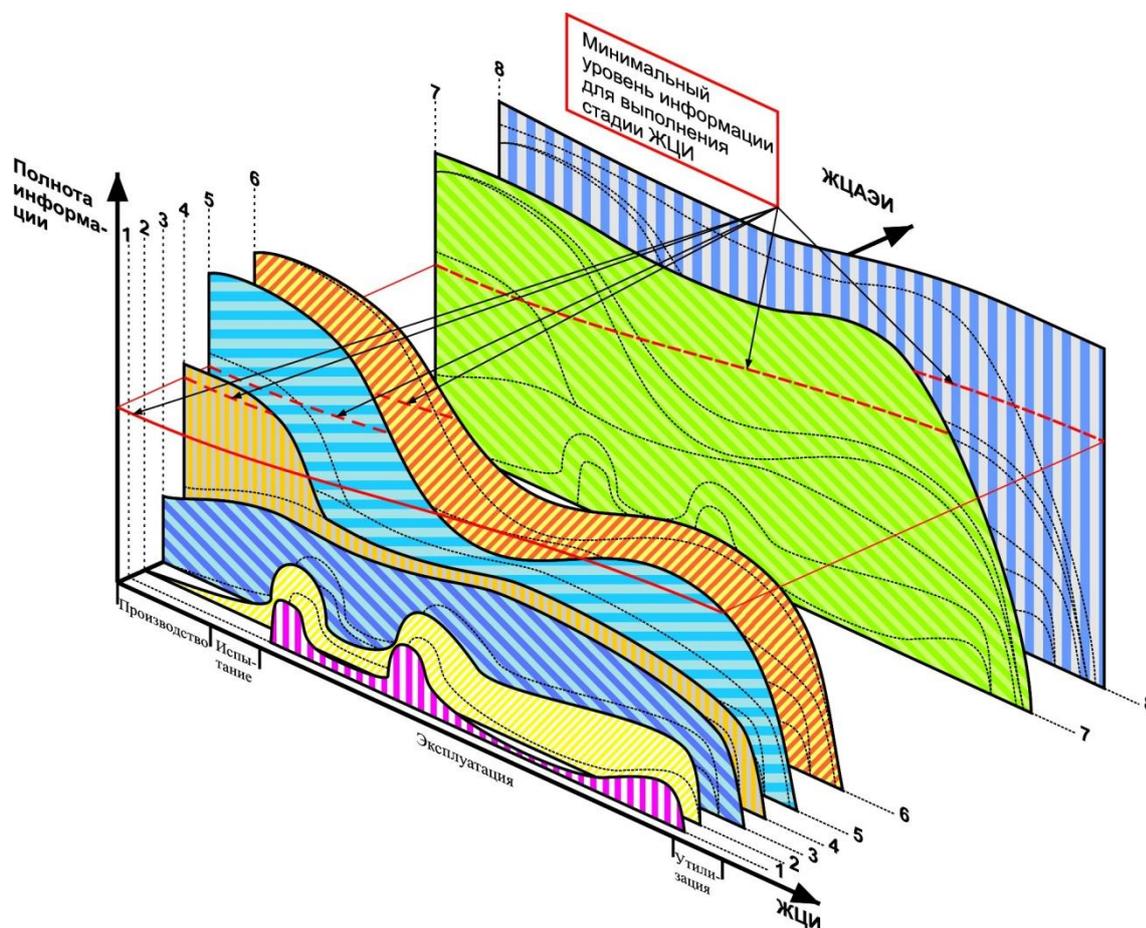


Рис. 3. График полноты информации на стадиях ЖЦ первого экземпляра изделия на момент формирования этапа ЖЦ аналитического эталона изделия: 1 – ТЗ, 2 – НИР, 3 – ОКР, 4 – ТПП, 5 – производство, 6 – испытания, 7 – эксплуатация, 8 – утилизация

Формирование аналитического эталона изделия (см. рис. 2) представляет собой процедуру построения 4d-модели. Получение необходимой и верной информации каждым участником процесса и в заданное нормативами время – сегодня наиболее важная проблема, решаемая в течение проектирования, конструирования, эксплуатации и утилизации изделия. Обеспечение глобального обзора такого проекта необходимо для управления качеством изделия, издержками, рисками и планирования всех мероприятий.

Таким образом, информационное обеспечение ЖЦИ включает в себя:

- получение всех необходимых данных для формирования АЭИ;
- использование информации АЭИ на стадиях «Производство» и «Эксплуатация» изделия, что заключается в выполнении заданных процессов и действий (МП);
- формирование по результатам измерений портретов детали, узла, изделия и сравнение их с соответствующей моделью АЭИ в рамках процедур контроля;

- фиксацию отличий портрета от эталона по определяющим параметрам на величины, более допустимых, и принятие решений о дальнейших действиях, при этом возможны варианты коррекции моделей АЭИ с привлечением разработчиков.

Формирование аналитического эталона изделия создает информационную основу как для описания жизненного цикла для серии изделий, так и каждого ее экземпляра. Для практической реализации информации АЭИ в соответствующие процедуры и формирование портретов каждого экземпляра изделий необходима консолидация всех участников ЖЦИ. Это невозможно реализовать без соответствующей организационной структуры.

При выработке критериев и определении экономических аспектов объединения информационных потоков разработчики изделия должны себе хорошо представлять стоимость проведения ими самостоятельного сопровождения эксплуатации нескольких экземпляров изделия на протяжении их ЖЦ для своевременного получения всей необходимой им объектив-

ной информации. При организации единой информационной среды, с подключением к ней эксплуатирующих организаций и производственных предприятий, появляется реальная возможность сбора и хранения данных о жизненном цикле изделий в виде АЭИ. Это обеспечивает возможность предоставления информации всем заинтересованным пользователям для ее обработки и анализа.

Все приведенные выше процедуры составляют основу системы управления качеством продукции, которая отражена в ISO, многих других международных и национальных стандартах, где значительное внимание уделено процедурам корректирующих действий. Вся документация для обеспечения реализации полного объема требуемых процедур может быть разделена на четыре уровня [5, 6]:

уровень 1 «Руководство по качеству» определяет процедуры, полномочия и ответственность, описание политики организации, написанной высшим руководством и руководителями отдела качества;

уровень 2 «Процедуры» определяет ресурсы: на чем, где, из чего, кем и когда выполняется деятельность на уровне подразделений; создается при участии руководителей отделов;

уровень 3 «Рабочие/должностные инструкции» (функциональные, по отделам) описывает, как выполняется работа; обычно создается при участии операторов и инструкторов;

уровень 4 «Конструкторская и технологическая документация», их формы и записи, форматы данных, модели процессов, процедуры внесения информации, ответственность и т. п. (протоколы качества); обычно определяется ме-

неджерами по качеству и руководителями среднего звена.

Документы уровней 2, 3 и 4 не могут быть полностью самостоятельно разработаны персоналом отдельных организаций. Очевидно, что для реализации такой постановки задачи необходимо объединение КБ, производственных предприятий и эксплуатантов в одну организационную структуру с общим информационным пространством. При этом процессы управления системой качества такой структуры будут иметь существенные отличия. Объединение функций и процессов по уровням, существующим на предприятиях, не обеспечит решение проблемы. Объединение первых уровней и выработка консолидированной политики качества для всех участников процесса является разумным и вполне реализуемым шагом со стороны руководства этих организаций (рис. 4).

Руководители структурных подразделений производственных предприятий, разрабатывая процедуры для документации второго уровня, учитывают специфику каждого подразделения, имеющееся оборудование и информационную среду, в сопровождении которой эти процессы должны реализоваться. Поскольку всю информацию они должны получать в виде АЭИ из КБ, следовательно, вид и форматы портретов объектов производства должны им соответствовать для выполнения операций контроля. В процессе совместной деятельности информацию отдельных портретов будут использовать и другие участники ЖЦИ, поэтому согласованию с ними подлежат не только форматы данных, но и процедуры их заполнения, полнота информации, ответственность исполнителей работ и т. п.

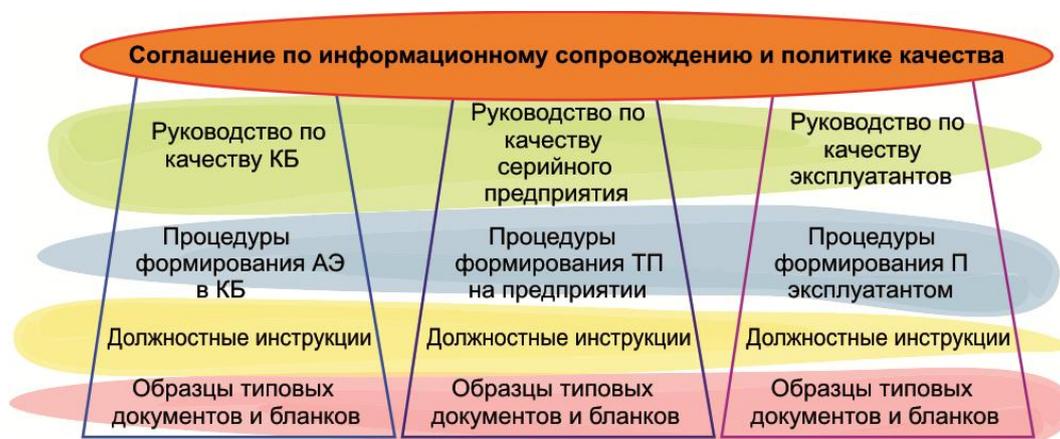


Рис. 4. Структура документации сопровождения ЖЦИ

Таким образом, все мероприятия и процедуры по формированию моделей АЭИ, определению их форматов, внесению информации, ее корректировке должны быть включены в систему управления качеством продукции. Это позволит организовать эффективное управление разработкой авиационной техники и ее эксплуатацией до утилизации, создать информационную основу для практической реализации требований многих национальных и международных стандартов. Выбор форматов моделей, правил внесения информации, ролей всех участников в проекте и т. п. могут взять на себя специализированные КБ, которым квалификация их разработчиков позволяет выполнить такой проект. Все это обеспечивает удовлетворение потребностей заказчика, способствует сбору и эффективному использованию информации об особенностях эксплуатации выпущенных изделий и внесению необходимых конструктивных и технологических изменений в процесс производства. Разработка и утверждение процедур, в которых участвуют несколько хозяйственных субъектов, способствуют эффективному управлению ресурсами предприятий, сопровождающих ЖЦИ, что позволит снизить себестоимость производства и эксплуатации авиационной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Братухин А. Г., Давыдов В. И.** Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции на основе CALS – основа электронного бизнеса // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. К.: Техника, 2001, С. 668–709. [A. G. Bratukhin and V. I. Davydov, "Integrated logistical support of science intensive products based in CALS principles – the foundation of electronic business" (in Russian), in *Informatsionnye Tekhnologii v Naukoyemkom Mashinostroenii*, pp. 668-709, Kiev: Tekhnika, 2001.]
2. **ГОСТ Р 53791-2010.** Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. Введен впервые 01.01.2011. М.: Стандартинформ, 2011. 7 с. [*Resources saving. Stages of products technological cycle. General principles.* (in Russian), Federal standard R ISO/IEC 53791-2010, Moscow, Standatrinform, 2010.]
3. **Бычков И. В., Ващук Ю. В.** Состояние изделия в течение его жизненного цикла // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2003. Вып. 18, С. 111–122. [I.V. Bechkov and J.V. Vashuk "Condition of the product during its life cycle" (in Russian), in *Otkrytye Informatsionnye I Komhuternye Tekhnologii*, no 18, pp. 111-122, Kharkov: Scientific journal of Kharkov National Aerospace University, 2001.]
4. **Бычков И. В.** Описание объекта производства для корректной постановки задачи формообразования // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». 2010. Вып. 45. С. 129–135. [I.V. Bechkov "Description of engineering products for the correct formulation of the problem of manufacturing" (in Russian), in *Otkrytye Informatsionnye I Komhuternye Tekhnologii*, no 45,

pp. 129-135, Kharkov: Scientific journal of Kharkov National Aerospace University, 2010.]

5. **ГОСТ Р ИСО 9001:2008.** Система менеджмента качества. Требования. Введен 18.12.2008. Взамен ГОСТ Р ИСО 9001–2001. 26 с. [*Quality management systems - requirement* (in Russian), Federal standard R ISO/IEC 9001–2008, Moscow, Standatrinform, 2008.]

6. **Саттон М. Дж.** Корпоративный документооборот: Принципы, технологии, методология внедрения. СПб.: Азбука, 2002. 448 с. [M.J. Sutton corporate document management: principles, technologies, implementation methodology (in Russian). St. Petersburg: Azbuka, 2008.]

ОБ АВТОРАХ

БЫЧКОВ Игорь Валерьевич, проф. каф. технологии производства ЛА. Дипл. технолог по произв. ЛА (ХАИ, 1977). Д-р техн. наук по технол. ЛА (НАКУ «ХАИ», 2011). Иссл. в обл. инф. обесп. формообразования сложнопроф. объектов.

ПЛАНКОВСКИЙ Сергей Игоревич, проф. каф. технологии производства ЛА. Дипл. технолог по произв. ЛА (ХАИ, 1989). Д-р техн. наук по процессам физ.-техн. обработки (НАКУ «ХАИ», 2009). Иссл. в обл. обесп. качества поверхности изделий.

РОМАНОВ Андрей Андреевич, вед. науч. сотр. Дипл. электротехник (ХПИ, 1982). Канд. техн. наук по автоматизации производства (ХПИ, 1989) Иссл. в обл. инф. технологий.

METADATA

Title: The life cycle of the product and its information support

Authors: I. V. Bychkov¹, S. I. Plankoskiy², A. A. Romanov³

Affiliation:

^{1,2} Kharkov National Aerospace University (NAKU «KhAI»), Ukraine.

³ Publishing house "Ukrainian Encyclopedia", Ukraine.

Email: bychkov_i_v@mail.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 18, no. 1 (62), pp. 149-155, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The procedures for models of production in the states of the object during its life cycle and processes to achieve them, the choice of formats models and adjustment information should be included in the system of quality control. This will provide effective management of the development, manufacture and operation of the aircraft, to create an information base for the formation of the relevant technical regulations and their practical application.

Key words: life cycle of products; analytical standard; 4d-model.

About authors:

BYCHKOV, Igor Valerievich, Prof., Dept. of production aircraft. Dipl. mechanical engineer (Kharkiv Aviation Institute., 1977). Cand. of Tech. Sci. (KhAI, 1989), Dr. of Tech. Sci. (KhAI, 2011).

PLANKOVSKIY, Sergey Igorevich, Prof., Dept. of production aircraft. Dipl. mechanical engineer (Kharkiv Aviation Institute., 1989). Cand. of Tech. Sci. (KhAI, 1993), Dr. of Tech. Sci. (KhAI, 2009).

ROMANOV, Andrey Andreevich, Leading Researcher, «Ukrainian Encyclopedia», Dipl. electrician (Kharkov Polytechnic Institute, 1982). Cand. of Tech. Sci. (KhPI, 1989).