

Система управления жизненным циклом стартовых комплексов космических аппаратов

© В.О. Карасев, В.А. Суханов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Освещены логистические и организационные проблемы, возникшие при производстве, транспортировке и возведении стартовых комплексов космодрома Восточный. Приведены основные понятия и определения методологии управления жизненным циклом (УЖЦ) изделия. Предложены варианты решения выявленных проблем с использованием методик УЖЦ изделия и анализа логистической поддержки. Представлен разработанный с использованием принципов построения мультиагентных систем программный комплекс, предназначенный для решения задач УЖЦ изделий и анализа логистической поддержки силами специалистов филиала ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК.

Ключевые слова: управление жизненным циклом изделия, анализ логистической поддержки, мультиагентные системы, стартовые комплексы, космодром Восточный.

Введение. В современных условиях на всех стадиях жизненного цикла изделий ракетно-космической техники возникает множество сложных, наукоемких задач, одна из которых — создание современной инфраструктуры для запуска космических аппаратов. Конкретным проектом, позволяющим решить эту задачу, является строительство космодрома Восточный.

В статье рассмотрены проблемы, возникшие при возведении космодрома Восточный. В качестве варианта решения проблем предложено применение на практике технологий управления жизненным циклом (УЖЦ) изделий на базе созданного программного обеспечения.

Трудности, возникающие при возведении стартовых комплексов. В процессе реализации проекта по строительству космодрома Восточный перед специалистами филиала ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК, в частности, была поставлена задача сформировать схему взаимодействия со смежными организациями (производителями и поставщиками изделий, транспортными и строительными компаниями) при создании стартового комплекса «Союз-2». Как показала практика, при многочисленности смежных организаций и их географической разделенности возникают следующие проблемы:

- задержки при поставке частей агрегатов и систем стартовых комплексов;
- отсутствие информации о текущем местонахождении составных частей агрегатов и систем стартовых комплексов;

- потери оборудования при транспортировке, на местах складирования, в процессе монтажа, ошибочные повторные заказы.

Перечисленные проблемы приводят к неплановым простоям при производстве, а также к срывам сроков и увеличению финансовых издержек на этапе возведения стартовых комплексов.

Для решения указанных проблем могут быть использованы различные технические и административные средства. Одним из таких средств является внедрение системы УЖЦ стартовых комплексов в производственные и организационные процессы филиала ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК и ряда смежных организаций.

Технологии управления жизненным циклом изделия. Прежде чем рассматривать технологии УЖЦ изделия, приведем несколько определений согласно ГОСТ Р 53394–2009.

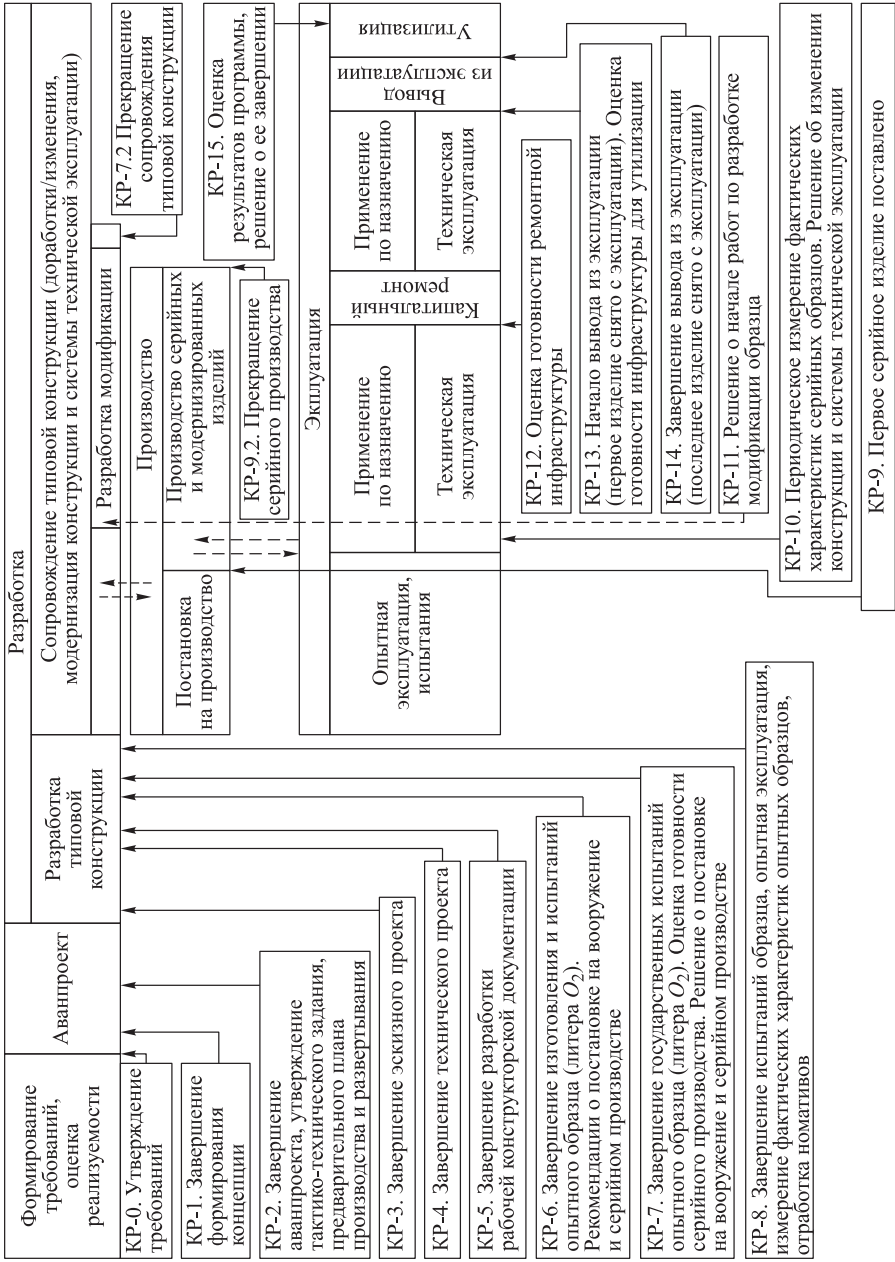
Жизненный цикл изделия — совокупность этапов, через которые проходит изделие за время его существования.

Управление жизненным циклом изделия — многоуровневое управление свойствами изделия на всех стадиях его жизненного цикла, осуществляемое в процессе разработки, производства, эксплуатации, ремонта и утилизации.

Интегрированная логистическая поддержка изделий — 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.

Управление жизненным циклом осуществляется организациями оборонно-промышленного комплекса и (или) эксплуатирующими организациями. Основная цель этой деятельности — эффективная реализация программ и выполнение заданных требований к изделиям при минимизации стоимости жизненного цикла. Эта цель достигается управляемым воздействием на конструкцию изделий, производственную и эксплуатационную среду, а также на систему технической эксплуатации.

Для эффективного создания систем УЖЦ изделия используются математические модели изделий. Эти модели могут быть реализованы, например, в виде различных графов (деревьев), а также инженерных и экспертных методик. В процессе жизненного цикла на различных его этапах для удобства контроля и управления вводят контрольные рубежи. На рисунке показаны основные этапы жизненного цикла изделия, связи между этапами, а также контрольные рубежи (КР) на различных этапах жизненного цикла: разработки, производства, эксплуатации (в том числе утилизации).



Этапы жизненного цикла и контрольные рубежи на отдельных его этапах

Применение технологий управления жизненным циклом при возведении стартовых комплексов. Основными функциями системы УЖЦ изделия являются сбор, сопровождение и анализ данных об изделии от этапа его проектирования до этапа утилизации [1]. В состав этих сведений, в частности, входят:

- данные о конструкции стартового комплекса, его систем и агрегатов;
- данные о логистической структуре стартового комплекса;
- информация о контрагентах, контрактах и параметрах поставки агрегатов и систем стартового комплекса;
- результаты мониторинга текущего состояния стартового комплекса, его систем и агрегатов;
- информация о движении частей стартового комплекса между организациями в процессе производства, возведения и эксплуатации.

Собранную информацию структурируют, анализируют и на ее основе формируют базы данных для анализа логистической поддержки и базы знаний [2] о процессе эксплуатации изделий. На основе полученной информации вырабатывают экспертные рекомендации для лиц, принимающих решения.

Для эффективной реализации перечисленных функций и обозначенных задач специалистами АО «НИЦ Прикладная логистика» была разработана интегрированная система УЖЦ изделия ILS Suite. Это программное обеспечение позволяет автоматизировать процессы сбора данных, необходимых для применения технологий УЖЦ, просматривать данные в удобной для пользователя форме. Эта система позволяет также формировать отчетную информацию, которая может быть использована лицами, принимающими решения, для оценки оперативной обстановки и внедрения максимально эффективных решений на различных этапах жизненного цикла изделия.

В рамках исследования возможности применения системы УЖЦ ILS Suite для решения практических задач в филиале ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК были выделены следующие актуальные проблемы, которые могут быть эффективно решены с помощью данной системы:

- формирование логистической структуры стартового комплекса;
- формирование экземплярного (с учетом серийных номеров изделий) состава стартового комплекса;
- мониторинг состояния экземпляров отдельных агрегатов и систем комплекса, сбор информации об их местонахождении, передвижениях;
- мониторинг процесса возведения стартового комплекса с автоматическим определением «проблемных» изделий и смежных организаций.

Кроме того, внедрение и использование системы ILS Suite позволяет сформировать основу базы данных для анализа логистической поддержки. В будущем это даст возможность выполнить анализ логистической поддержки для стартового комплекса «Союз-2» и в том числе с помощью формальных технологий исследовать изделие и его систему технической эксплуатации, чтобы определить рациональное соотношение между стоимостью жизненного цикла и значением коэффициента готовности стартового комплекса [3]. Система также позволяет на основе информации о надежности отдельных агрегатов (проектной и фактической) и при известном сценарии использования стартового комплекса определить запасы компонентов, необходимые для обеспечения максимально эффективной эксплуатации комплекса [4, 5].

Следует отметить, что в работе системы УЖЦ ILS Suite используется мультиагентный подход [6] к проектированию стартового комплекса. Роль модулей выполняют автономные эргатические агенты, обеспечивающие решение задач системы (сбор данных, структуризация, аналитика) разными способами, но имеющие общий интерфейс и возможность взаимодействовать друг с другом через единую информационную среду.

Заключение. В настоящее время система УЖЦ изделий адаптируется для внедрения в производственные процессы ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК.

После внедрения системы ожидается сокращение издержек и сроков монтажа, а также оптимизация процессов эксплуатации стартовых комплексов на космодроме Восточный, в том числе с помощью применения технологий анализа логистической поддержки и, в перспективе, внедрения эшелонированной системы обеспечения материально-технического обслуживания с параметрами, полученными аналитически на основе базы знаний о процессе эксплуатации изделия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.Н., Петров А.В., Бороздин А.В. *Анализ логистической поддержки. Теория и практика*. Москва, Информ-Бюро, 2014, 260 с.
- [2] Плотников В.Н., Суханов В.А. *Системы, основанные на знаниях*. Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996, 88 с.
- [3] ГОСТ Р 53392–2009. *Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения*. Москва, Стандартинформ, 2010, 17 с.
- [4] Craig C.S. *Optimal Inventory Modeling of Systems Multi-Echelon Techniques*. 2nd ed. Boston, Dordrecht, London, Kluwer Academic Publishers Group, 2004, 332 p.
- [5] Карасев В.О. Модель и методика оптимизации объема оборотного фонда запасных частей, обеспечивающего заданные показатели готовности парка

воздушных судов. *Молодежный научно-технический вестник*, 2015, вып. № 6. URL: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/792013.html>

- [6] Пашкин М.П. *Разработка и реализация многоагентной системы логистики знаний для информационной поддержки принятия решений*. Санкт-Петербург, СПИИРАН, 2005, 151 с.

Статья поступила в редакцию 02.03.2016

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Карасев В.О., Суханов В.А. Система управления жизненным циклом стартовых комплексов космических аппаратов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2016, вып. 7.

<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2016-07-1516>

Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на XL Академических чтениях по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 26–29 января 2016 г.

Карасев Вадим Олегович — магистрант кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: управление жизненным циклом изделия, интегрированная логистическая поддержка, методы оптимизации показателей надежности программных и программно-аппаратных комплексов. e-mail: karasevvo@bmstu.ru

Суханов Владимир Александрович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 80 научных работ, в том числе шести изобретений в области технической кибернетики. e-mail: iu1suhanov@mail.ru

Life cycle management system of spacecraft launching complexes

© V.O. Karasev, V.A. Sukhanov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article discusses the logistic and organizational problems encountered in the production, transport and erection of the launch complexes of Vostochnyy Launch Site. The basic concepts and definitions of product life cycle management (LCM) techniques are presented. Solution variants to the identified problems using product LCM techniques and logistic support analysis are proposed. The software package developed using the principles of multi-agent system construction is presented. The software package was designed to meet the challenges of product LCM and logistic support analysis by specialists of FSUE "TsENKI"–NIISK.

Keywords: *product life cycle management, logistic support analysis, multi-agent systems, launch complexes, Vostochnyy Launch Site.*

REFERENCES

- [1] Sudov E.V., Levin A.I., Petrov A.N., Petrov A.V., Borozdin A.V. *Analiz logisticheskoy podderzhki. Teoriya i praktika* [Analysis of logistic support. Theory and practice]. Moscow, Inform-Buro Publ., 2014, 260 p.
- [2] Plotnikov V.N., Sukhanov V.A. *Sistemy, osnovannye na znaniyakh* [Knowledge based systems]. Moscow, BMSTU Publ., 1996, 88 p.
- [3] *GOST P 53392–2009. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Analiz logisticheskoy podderzhki. Osnovnye polozheniya* [Integrated logistic support. Analysis of logistic support. General considerations]. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 17 p.
- [4] Craig C.S., Sherbrooke C.C. *Optimal Inventory Modeling of Systems Multi-Echelon Techniques*. 2nd ed. Boston, Dordrecht, London, Kluwer Academic Publishers Group, 2004, 332 p.
- [5] Karasev V.O. *Molodezhnyy nauchno-tekhnicheskij vestnik — Youth Science and Technology Gazette*, 2015, issue no. 6. Available at: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/792013.html>
- [6] Pashkin M.P. *Razrabotka i realizatsiya mnogoagentnoy sistemy logistiki znanij dlya informatsionnoy podderzhki prinyatiya resheniy* [Development and implementation of multi-agent system of knowledge logistics for decision-making information support]. St. Petersburg, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS Publ., 2005, 151 p.

Karasev V.O., M.Sc. student, Department of Automated Control Systems, Bauman Moscow State Technical University. Research interests: product life cycle management, integrated logistics support, methods of reliability parameter optimization of software and hardware-software complexes. e-mail: karasevvo@bmstu.ru

Sukhanov V.A., Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Scientist, Associated Professor, Department of Automated Control Systems, Bauman Moscow State Technical University, author of over 80 research papers including 6 inventions in the field of engineering cybernetics. e-mail: iu1suhanov@mail.ru