УДК 697.43+697.94

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ

[1]Зверев А.В., [2]Росляков Е.М., [2]Некрасов И.Н.

[1]Филиал АО «Корпорация «СПУ-ЦКБ ТМ» «Специальное конструкторское бюро, “Титан”», Санкт-Петербург;

[2]ФГКВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Санкт-Петербург, e-mail: vka@mil.ru

В статье исследуется вопрос обоснования возможности применения концепции управления жизненным циклом с целью повышения эффективности этапа технической эксплуатации инженерных систем сложных объектов. Представлен анализ программных средств, которые используются при реализации концепции управления жизненным циклом, приведены примеры использования концепции в различных отраслях техники. Выявлены особенности инженерных систем, которые необходимо учитывать при формировании модели процессов жизненного цикла исследуемых в статье инженерных систем. Предложена обобщенная модель жизненного цикла инженерных систем, отражающая их особенности и служащая основой для формирования состава и содержания программных средств интегрированной информационной среды. Данная модель позволяет осуществлять постоянное взаимодействие, обмен информацией между участниками процессов создания и эксплуатации инженерных систем. Приведены оценки эффективности применения управления жизненным циклом в различных областях промышленности.

Ключевые слова: концепция управления жизненным циклом, инженерные системы, модель жизненного цикла, информационная поддержка изделий

IMPROVING THE ORGANIZATION OF TECHNICAL OPERATION OF ENGINEERING SYSTEMS OF COMPLEX OBJECTS ON THE BASIS OF THE CONCEPT OF LIFECYCLE MANAGEMENT

[1]Zverev A.V., [2]Roslyakov E.M., [2]Nekrasov I.N.

[1]Branch SC «Corporation SIC CDB «Special design Bureau “Titan”», Sankt-Petersburg;

[2]Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, e-mail: vka@mil.ru

This article examines the question of substantiation of the possibility of applying the concept of lifecycle management with the aim of improving the efficiency of the stage of technical operation of engineering systems of complex structures. Presents an analysis of software tools, which are used when implementing the concept of lifecycle management, the examples of the use of the concept in various branches of engineering. The peculiarities of engineering systems that must be considered when forming a model of the life cycle processes studied in the article of engineering systems. Proposed generalized model for life cycle systems engineering, reflecting their characteristics and serving-the decisive basis for the formation of the composition and content of software integrated information environment. This model allows for constant interaction, exchange of informa-tion between the participants the creation and maintenance of engineering systems estimation of efficiency of application lifecycle management in various industries.

Keywords: the concept of life cycle management, systems engineering, life cycle model, information support products

Крупные объекты хозяйственного, военного и специального назначения, такие как предприятия промышленности и энергетики, жилищно-коммунального хозяйства, комплексы вооружения и военной техники, для своего нормального функционирования требуют развитой инженерно-технической инфраструктуры.

Последняя включает в свой состав инженерные системы (ИС), предназначенные для обеспечения обслуживаемых объектов водой, теплом, энергией, газом, а также для удаления промышленных и бытовых отходов. ИС характеризуются сложностью, протяженностью коммуникаций, разнообразием оборудования, длительными сроками эксплуатации, высоким энергопотреблением. Они должны отвечать высоким требованиям к надежности, безопасности и энергоэффективности.

В последние три десятилетия проблемам создания и эксплуатации ИС уделялось недостаточно внимания, что привело к серьезной деградации инженерных систем в масштабах всей страны.

Разрешение проблемы эффективного обеспечения требуемого состояния ИС представляется на основе использования концепции управления жизненным циклом.

Цель исследования состоит в проведении анализа возможности использования

инструментов повышения эффективности технической эксплуатации ИС сложных объектов на основе использования концепции управления жизненным циклом.

Объектом данного исследования являются ИС сложных и ответственных объектов. Типовой состав ИС включает в себя системы теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения и канализации, вентиляции и кондиционирования воздуха, холодоснабжения.

Основу элементной базы ИС составляет энергосиловое оборудование: насосы, компрессоры, вентиляторы, теплообменные аппараты, резервуары, трубопроводы, запорно-регулирующая арматура. Оно характеризуется большим разнообразием типоразмеров, широким диапазоном значений параметров и характеристик, количеством производителей. Эти особенности следует учитывать на всем протяжении жизненного цикла инженерных систем, в частности при планировании процессов технической эксплуатации.

Большая часть оборудования ИС выработала свой ресурс, а его износ составляет 60–80%. Особо тяжелая ситуация сложилась в теплоснабжении объектов: половина объектов теплоснабжения и тепловых сетей требуют замены, более 15% находятся в аварийном состоянии. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений. Потери тепла в сетях достигают 30%, капитального ремонта или полной замены требуют 80% общей протяженности сетей.

Действующие в настоящее время подходы к организации технической эксплуатации не позволяют разрешить проблему надежного и безопасного обеспечения объектов ресурсами, поставляемыми инженерными системами.

Исходные предположения и допущения метода исследования

Поддержание требуемого состояния ИС осуществляется в ходе технической эксплуатации. Ее организация, в силу ряда особенностей, сталкивается с разнообразными проблемами, такими как обеспечение полноты и достоверности контроля состояния оборудования, снабжение запасными частями и комплектующими, планирование сроков и объемов ремонтных работ и реконструкции, подготовка персонала и др. Естественно, все проблемы требуется разрешать в условиях ограничения выделяемых ресурсов и минимизации их объемов.

Следует отметить, что ИС существенно отличаются от технологического оборудования обслуживаемых объектов рядом особенностей, к которым можно отнести следующие:

– ИС постоянно функционируют в течение всего срока службы, независимо от режима применения обеспечиваемого объекта;

– эксплуатация как в режиме применения, так и в рамках технической эксплуатации ИС осуществляется силами эксплуатирующего персонала, слабо владеющего ремонтными компетенциями;

– ИС комплектуются общепромышленным оборудованием, как правило, отечественного производства;

– эксплуатационная документация, как правило, неукомплектована, а показатели эксплуатации и состояния оборудования не анализируются;

– отсутствует авторский надзор за состоянием оборудования в ходе эксплуатации со стороны проектировщиков, конструкторов, производственных организаций.

Одной из наиболее существенных особенностей ИС является порядок их создания и эксплуатации. Система взаимосвязи этапов жизненного цикла исследуемых систем отражена на схеме (рис. 1).

Существующая система проектирования предполагает разработку схемных решений ИС и использование производимой на момент проектирования номенклатуры оборудования. Ранее производство жестко диктовало свой взгляд на параметры выпускаемого оборудования, применяемого в проектируемых системах. Эта последовательность создания ИС была для своего времени вполне приемлемой и обеспечивала достаточно высокий уровень их качества, отличалась экономичностью, т.к. используемое оборудование выпускалось серийно. Требуемый уровень надежности обеспечивался в основном методами структурного резервирования. Функциональные характеристики, массогабаритные параметры и эксплуатационные показатели, как правило, существенно отличались от требуемых расчетных. Такой подход был оправдан возможностями промышленности и государства в период создания сложных объектов, существовавшими в середине прошлого века, когда шло строительство большинства объектов, эксплуатируемых в настоящее время.

В настоящее время связь эксплуатирующих органов с производственными, проектными и строительными организациями носит эпизодический характер. Информация о состоянии эксплуатируемых ИС за пределы органа управления эксплуатацией не выходит. Такое положение приводит к тому, что организации, участвующие в создании ИС, не имеют полного представления о требованиях заказчика и состоянии поставляемого оборудования.

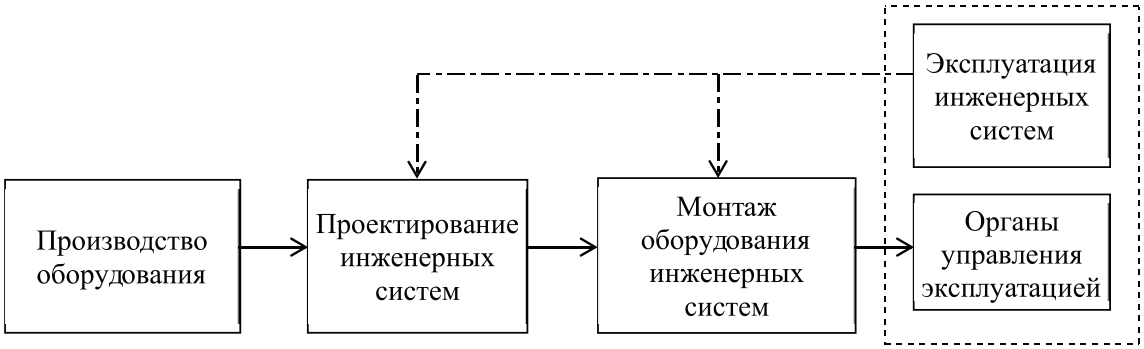

Рис. 1. Существующая схема взаимосвязи этапов жизненного цикла объектов инженерной инфраструктуры

Сроки эксплуатации ИС составляют 30–40 и более лет. Как правило, за такой промежуток времени происходит смена не одного поколения выпускаемого оборудования. Со стороны же эксплуатанта информация о потребных типах оборудования не поступает. Этот аспект также важно учитывать, поскольку на современном этапе развития производственной базы промышленности возможен учет особых требований заказчика и выпуск оборудования ограниченными партиями и даже в единственном экземпляре.

Приведенные аргументы диктуют необходимость пересмотра взглядов не только на эксплуатацию ИС, но и на другие этапы их жизненного цикла.

В настоящее время в различных областях экономики активно внедряется концепция управления жизненным циклом (ЖЦ) изделий.

Основу управления ЖЦ изделия составляют так называемые *CALS*-технологии. Аббревиатура *CALS* в настоящее время значит: *Continuous acquisition and lifecycle support* – непрерывная поддержка жизненного цикла продукта [3]. Более часто употребляется термин *PLM* (*Product lifecycle management* – управление жизненным циклом изделия), который является аналогом термина *CALS*. В российской научно-технической литературе нашел применение термин «информационная поддержка изделий» (ИПИ), который также является аналогом понятия *CALS*.

Управление ЖЦ предполагает оптимизацию процессов взаимодействия заказчика и поставщика в ходе проектирования, производства и эксплуатации продукции, характеризующейся длительным (несколько десятков лет) сроком последнего этапа жизненного цикла, что обеспечивает минимизацию стоимости владения изделия в течение всего жизненного цикла. Концепция управления ЖЦ особенно актуальна для создания и эксплуатации сложных объектов с длительными сроками эксплуатации, поскольку затраты на его поддержание в работоспособном состоянии в процессе эксплуатации, как правило, превышают затраты на его приобретение в несколько раз.

Применение концепции УЖЦ способствует решению ряда задач, подробно описанных в [2, 10]. Данная концепция, доказав свою эффективность, активно применяется в промышленности, строительстве, транспорте и других отраслях экономики, расширяясь и охватывая все этапы ЖЦ изделия [2]. *CALS*-технология предполагает не только переход на безбумажную технологию работы, но и повышение эффективности всех процессов, выполняемых в ходе ЖЦ продукта, за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех его этапах [3]. Можно привести примеры использования информационных технологий управления ЖЦ в самых различных отраслях [5, 6, 2, 5, 9]. Активно ведутся теоретические исследования в области совершенствования собственно методологии управления ЖЦ [3, 4, 8], решения частных задач и разработки отдельных методик.

Внедрение концепции УЖЦ позволяет повысить [11] производительность работ по ТОиР на 29%, коэффициент готовности на 17%, долю плановых ремонтов на 78%, сокращение затрат на эксплуатацию на 10–40%.

Разработка модели

Учитывая важность и сложность ИС крупных объектов, с одной стороны, а также возможности концепции управления ЖЦ, с другой стороны, полагаем обоснованной попытку внедрения методологии УЖЦ в целях совершенствования процессов создания и эксплуатации инженерных систем.

Основываясь на рассмотренной в [2] концептуальной модели УЖЦ, представим в обобщенном виде модель УЖЦ инженерных систем (рис. 2). Она отражает подход

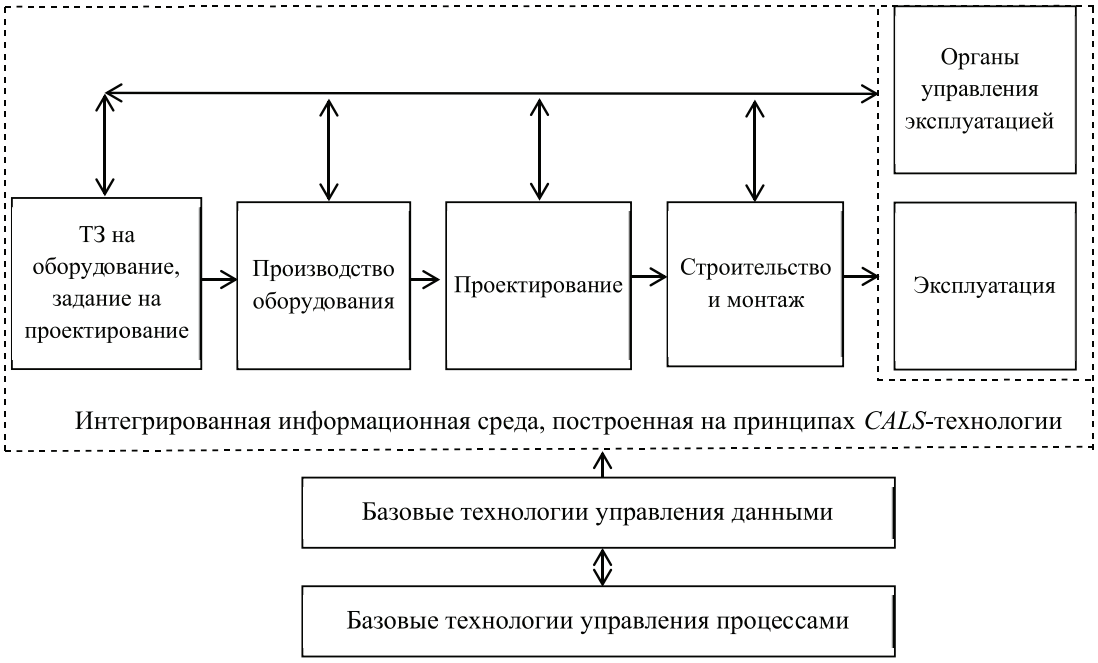

Рис. 2. Концептуальная модель ЖЦ инженерных систем

к управлению ЖЦ инженерными системами, который позволит существенно повысить эффективность процессов их создания и эксплуатации в частности:

– осуществлять постоянное взаимодействие, обмен информацией между участниками процессов создания и эксплуатации инженерных систем;

– организовывать свою деятельность с учетом требований и условий, формируемых заказчиком;

– своевременно и в полном объеме разрабатывать эксплуатационно-техническую документацию на оборудование и системы после их модернизации;

– осуществлять гибкое планирование ремонтно-восстановительных мероприятий, исходя из фактического состояния оборудования и возможностей поставщиков;

– перейти к электронному документообороту на всех этапах жизненного цикла инженерных систем.

Для реализации концепции УЖЦ на основе предложенной модели следует построить 3D-модель ИС объекта, сформировать требования к системе мониторинга состояния ИС, выполнить анализ возможности использования инструментария планирования ТО и Р на основе программного комплекса EAM.

Реализация концепции УЖЦ ИС потребует привлечения значительных материальных, финансовых и временных ресурсов. Однако зарубежный и отечественный опыт свидетельствует об оправданности и эффективности этих вложений.

Результаты исследования и их обсуждение

Принятая концепция управления жизненным циклом сложных изделий позволяет организовать взаимодействие всех участников процессов создания и эксплуатации сложных изделий, к числу которых могут быть отнесены инженерные системы.

Предложенная модель ЖЦ ИС отражает процессы обмена информацией и предпринимаемых воздействий на различных этапах ЖЦ, что позволяет формировать задания на проектирование оборудования ИС с учетом их состояния и характеристик, получаемых на этапе эксплуатации.

Выводы

Наиболее эффективным инструментом разрешения множества проблем, возникающих при планировании технической эксплуатации и модернизации ИС, являются методы и программные продукты, сформированные в рамках концепции УЖЦ сложных изделий. Предложена модель ЖЦ ИС, в рамках которой предполагается осуществить разработку системы мониторинга состояния ИС и методик планирования технической эксплуатации.

Список литературы

1. Авсюкевич Д.А. Управление эксплуатацией теплоэнергетических объектов сложных технических комплексов в нештатных ситуациях: монография. – СПб.: ВКА, 2003. – 145 с.

2. Бром А.Е. Разработка концепции и методологических основ создания организационной системы логистической поддержки ЖЦ наукоемкой продукции: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МГТУ имени Н.Э Баумана, 2009. – 34 с.

3. Вольщенко Е., Зверев С. Управление жизненным циклом основных производственных фондов как инструмент повышения рентабельности предприятий инфраструктурных отраслей // Секрет фирмы. – 2006. – № 43(178).

4. Гаврилина О.А., Толстоба Н.Д. Компьютерные технологии в оптотехнике. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 131 с.

5. Гольц Э.В. Информационные системы интегрированной логистической поддержки авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Вып. № 4–2. – Т. 1. – 2012.

6. Киселев Ю.В., Киселев Д.Ю. Текущие представления об организации взаимодействия в системе технической эксплуатации авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Вып. № 1–5. – Т. 16. – С. 1407–1413.

7. Пеньков М.М., Петров Г.Д., Птушкин А.И. Состояние исследований проблем управления жизненным циклом сложных объектов // Современные проблемы создания и эксплуатации ВВСТ: Вторая ВНПК: сборник статей. – 17–18 декабря 2014. – С. 70–72.

8. Садовская Т.Г., Чернышева Т.Н. Системы управления жизненным циклом изделий и возможности их применения в отрасли энергетики // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 6.

9. Шалумов А.С., Никимкин С.И., Носков В.Н. Введение в CALS-технологии: учебн. пособие, – Ковров: КГТА, 2002. – 137 с.

10. Юсупов Р.М., Соколов Б.В., Птушкин А.И., Иконникова А.В., Потрясаев С.А., Цивирко Е.Г. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов // Труды СПИРАН. – 2011. – Вып. 1(16). – С. 37–109.

11. Концепции управления ТОиР. ЗАО «МКД Партнер». Код доступа: http://www.mcdpartner.ru.

References

1. Avsjukevich D.A. Upravlenie jekspluataciej teplojenergeticheskih obektov slozhnyh tehnicheskih kompleksov v neshtatnyh situacijah. Monografija. SPb.: VKA, 2003. 145 p.

2. Brom A.E. Razrabotka koncepcii i metodologicheskih osnov sozdanija organizaci-onnoj sistemy logisticheskoj podderzhki zhiznennogo cikla naukoemkoj produkcii / Avtoreferat na soiskanie uch. stepeni doktora tehnicheskih nauk. M.: MGTU imeni N.Je Baumana, 2009. 34 p.

3. Vol shhenko E., Zverev S. Upravlenie zhiznennym ciklom osnovnyh proizvodstven-nyh fondov kak instrument povyshenija rentabel nosti predprijatij infrastrukturnyh otraslej // Sekret firmy, no. 43(178), 2006.

4. Gavrilina O.A., Tolstoba N.D. Komp juternye tehnologii v optotehnike. SPb.: SPbGU ITMO, 2010. 131 p.

5. Gol c Je.V. Informacionnye sistemy integrirovannoj logisticheskoj podderzhki aviacionnoj tehniki // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Vypusk no. 4–2. Tom 14. 2012.

6. Kiselev Ju.V., Kiselev D.Ju. Tekushhie predstavlenija ob organizacii vzaimodejstvija v sisteme tehnicheskoj jekspluatacii aviacionnoj tehniki // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Vypusk no. 1–5. Tom 16. 2014. pp. 1407–1413.

7. Pen kov M.M. Sostojanie issledovanij problem upravlenija zhiznennym ciklom slozhnyh obektov. M.M. Pen kov, G.D. Petrov, A.I. Ptushkin // Vtoraja VNPK «Sovremennye problemy sozdanija i jekspluatacii VVST» Sbornik statej. 17–18 dekabrja 2014 g. pp. 70–72.

8. Sadovskaja T.G., Chernysheva T.N. Sistemy upravlenija zhiznennym ciklom izdelij i vozmozhnosti ih primenenija v otrasli jenergetiki // Audit i finansovyj analiz, no. 6, 2010.

9. Shalumov A.S. Vvedenie v CALS-tehnologii / A.S. Shalumov, S.I. Nikimkin, V.N. Noskov: uchebn. posobie. Kovrov: KGTA, 2002. 137 p.

10. Jusupov R.M., Sokolov B.V., Ptushkin A.I., Ikonnikova A.V., Potrjasaev S.A., Civirko E.G. Analiz sostojanija issledovanij problem upravlenija zhiznennym ciklom iskusstvenno sozdannyh ob ektov // Trudy SPIRAN. 2011. Vyp. 1(16). pp. 37–109.

11. Koncepcii upravlenija TOiR. ZAO «MKD Partner». Kod dostupa: http://www.mcdpartner.ru.