

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ:
НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ РОСТА**

IV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

(Москва, 21 апреля 2021 г.)

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана

2 0 2 1

УДК 658.512
ББК 65.91.82
С40

С40 **Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста** : IV Всероссийская научно-практическая конференция (Москва, 21 апреля 2021 г.) : материалы конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. — 223, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5629-1

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-000

Представлены современные теоретические и методологические подходы, сложившиеся в управлении полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции, а также актуальные проблемы их применения на российских машиностроительных предприятиях, в том числе и в оборонно-промышленном комплексе. Особое внимание уделено рассмотрению актуальности и масштабности задач по созданию системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в условиях инновационной экономики, проблемам управления созданием опережающего научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции, одновременно с проблемами слабого целеполагания, недостаточной координации планов развития технологий, ведению опытно-конструкторских работ по разработке высокотехнологичной продукции. Рассмотрены проблемы нормативного регулирования сопровождения и интегрированной поддержки высокотехнологичной продукции военного назначения в течение всего ее жизненного цикла.

Для специалистов машиностроительных предприятий, научных работников, преподавателей и студентов вузов — всех, кто интересуется современным состоянием и перспективами развития систем управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении Российской Федерации.

УДК 658.512
ББК 65.91.82

Издается в авторской редакции

ISBN 978-5-7038-5629-1

© МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

УДК 338.27

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-001

Создание модели высокотехнологичного инновационного предприятия на платформе модифицированной производственной функции типа Кобба — Дугласа

© | Абрамов Трофим Евгеньевич
Баранов Максим Викторович
Соколянский Василий Васильевич

abramov_trofim@mail.ru
baranov.maksim18@yandex.ru
sokolyansky63@mail.ru

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

Рассмотрена возможность применения модифицированной производственной функции типа Кобба — Дугласа для моделирования деятельности высокотехнологичных предприятий энергомашиностроительной отрасли (российских и зарубежных) с системой управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции. В процессе создания уравнения производственной функции в модель были инсталлированы ряд новых параметров: НИР-мультипликатор; численность высококвалифицированного персонала; стоимость энергоносителей. Показано, что созданная модель высокотехнологичного предприятия корректно использовать для предприятий ракетно-космической отрасли в аспекте экономического прогнозирования.

Ключевые слова: высокотехнологичное предприятие, функция Кобба — Дугласа, полный жизненный цикл высокотехнологичной продукции

Одним из методов прогнозирования поведения экономических субъектов, анализа экономических явлений и взаимосвязей различных экономических параметров является использование производственных функций [1]. Из российских специалистов определенным опытом в изучении данной проблемы обладают [2–4]. Удобным в этом отношении инструментом является функция типа Кобба — Дугласа, с помощью которой можно моделировать системы различных уровней от небольших предприятий до национальных экономик.

В работе авторами поставлена цель — создание модели высокотехнологичного инновационного предприятия ракетно-космической отрасли с помощью модифицированной производственной функции типа Кобба — Дугласа. В ходе работы были решены следующие задачи: обоснование применимости классической функции Кобба — Дугласа для моделирования деятельности ВТК, создание модифицированной функции и изучение валидности созданного экономического инструмента.

Объектом настоящего исследования являются два высокотехнологичных инновационных предприятия ракетно-космической отрасли, а именно, The Boeing Company и НПО «Энергомаш». В ходе выполнения работы использовались данные из открытых источников, в том числе из официальных сайтов компаний и корпоративных журналов (табл. 1 и 2).

Таблица 1

**Параметры для создания производственной функции
для предприятия The Boeing Company [5]**

Год	Объем продаж Y , млн долл.	Среднесписочная численность персонала L , тыс. чел.	Объем основных фондов K , млн долл.	Среднесписочная численность высококвалифицированного персонала L_v , тыс. чел.	НИР-мультипликатор	Цена барреля нефти марки Brent, долл.
2010	52 586	182	13 331	114,66	0,08	79,5
2011	57 401	183	18 636	118,95	0,08	111,26
2012	71 234	174	25 997	116,58	0,09	111,67
2013	76 792	168	27 924	117,60	0,10	108,66
2014	80 688	165	33 204	118,80	0,12	98,95
2015	85 255	161	31 575	120,75	0,11	52,39
2016	84 399	150	33 759	115,13	0,11	43,73
2017	83 740	140	39 130	106,40	0,14	54,19

Таблица 2

**Параметры для создания производственной функции
для предприятия НПО «Энергомаш» [6]**

Год	Объем продаж Y , млн долл.	Среднесписочная численность персонала L , тыс. чел.	Объем основных фондов K , млн долл.	Среднесписочная численность высококвалифицированного персонала L_v , тыс. чел.	НИР-мультипликатор	Цена барреля нефти марки Urals, долл.
2010	141,953	4,084	97,899	3,103	11	78,2
2011	109,028	4,087	65,286	3,106	13	109,35
2012	106,152	4,113	44,230	2,755	14	110,52
2013	162,416	4,867	90,231	3,942	17	107,88
2014	120,46	4,863	60,230	4,133	18	97,6
2015	31,314	4,965	10,101	3,674	20	51,23
2016	17,13	4,986	5,353	4,039	19	41,9
2017	17,13	4,676	4,894	3,881	21	53,03
2018	10,331	4,425	2,676	3,761	23	70,01

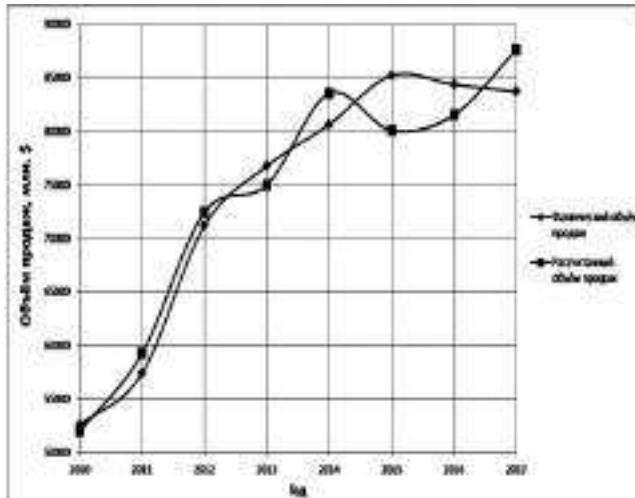
Показатели в производственной функции были найдены методом наименьших квадратов с помощью функции «ЛИНЕЙН» в программе MS Excel. Для компании The Boeing Company производственная функция имеет вид

$$Y = 12,80057K^{0,66157}L^{0,37150};$$

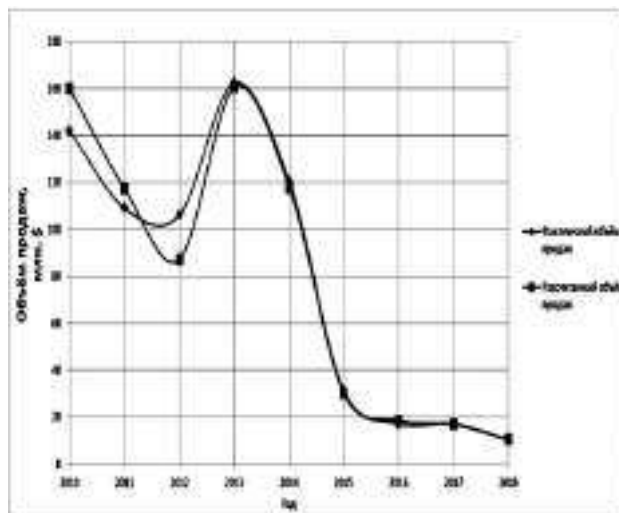
для НПО «Энергомаш»

$$Y = 0,21285K^{0,76718}L^{0,37355}$$

Сопоставление фактического объема продаж компаний с рассчитанным с помощью производственной функции представлено на рис. 1.



a



b

Рис. 1. Объемы продаж компаний по годам:
a — НПО «Энергомаш»; *b* — The Boeing Company

Авторами была предложена модифицированная производственная функция, имеющая следующий вид:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}N^{\varepsilon}P^{\gamma},$$

где Y — объем продаж; K — величина основных фондов; L — численность высококвалифицированного персонала; N — НИР-мультипликатор; P — цена барреля нефти марки Brent для американской компании и марки Urals для российской; A , α , β , ε , γ — рассчитываемые коэффициенты.

Производственная функция без учета цены на нефть для The Boeing Company имеет вид

$$Y = 0,87122K^{0,78585}L^{0,52209}N^{-0,364061},$$

для НПО «Энергомаш»

$$Y = 146,58K^{0,85042}L^{-0,75188}N^{0,88615}.$$

С учетом цены на нефть для The Boeing Company

$$Y = 0,97549K^{0,72728}L^{0,69813}N^{-0,29333}P^{-0,04372},$$

для НПО «Энергомаш»

$$Y = 1779,35K^{0,91598}L^{-1,09038}N^{1,1911}P^{-0,18311}.$$

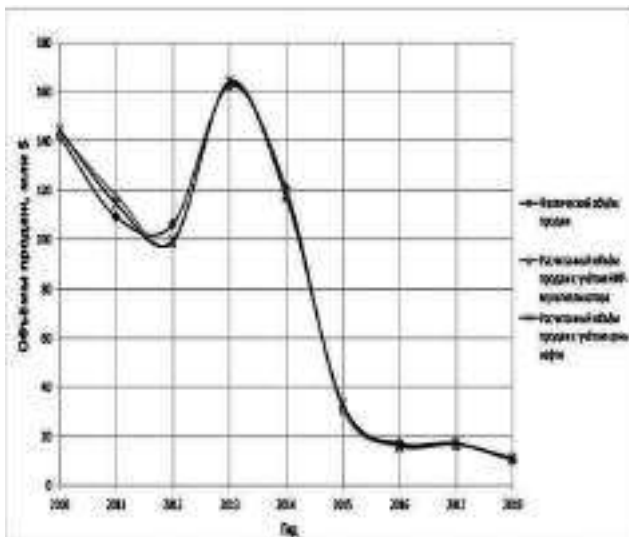
Сопоставление фактического объема продаж компаний с рассчитанным с помощью модифицированной производственной функции представлено на рис. 2.

Для оценки созданных моделей, полученных на основе метода наименьших квадратов, используются показатели: скорректированный коэффициент детерминации (R^2) и критерий Фишера ($F_{\text{расч}}$) [7], которые представлены в табл. 3.

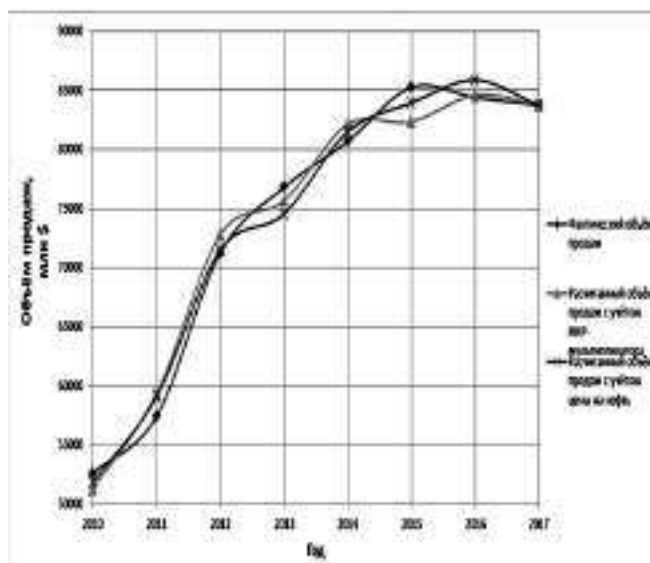
Таблица 3

Точность аппроксимации данных производственной функции

Номер функции	R^2	Скорректированный R^2	$F_{\text{расч}}$	$F_{\text{табл}}$
1	0,9572	0,9401	214	5,99
2	0,9929	0,9905	210	5,59
4	0,9838	0,9716	138	5,79
5	0,9977	0,9963	624	5,14
6	0,9893	0,9750	113	6,59
7	0,9985	0,9969	497	5,41



а



б

Рис. 2. Объемы продаж компаний по годам:
 а — НПО «Энергомаш»; б — The Boeing Company

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы: классическая производственная функция типа Кобба — Дугласа применима для моделирования деятельности высокотехнологичных компаний, предложенная авторами модифицированная производственная функция точ-

нее описывает экономику инновационных высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли, так как она включает в себя показатели, имеющие высокое значение для наукоемких предприятий (численность высококвалифицированного персонала, НИР-мультипликатор) [8].

Литература

- [1] Пшеничникова С.Н., Романюк И.Д. Анализ производственной функции Кобба–Дугласа для экономик России и ряда стран региона Центральной и Восточной Европы. *Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Экономика. Социология. Менеджмент*, 2017, т. 7, № 3, с. 148–166.
- [2] Андрусенко А.С. и др. Применение модели EVA и коэффициента Тобина для оценки стоимости интеллектуального капитала как оценка стоимости интеллектуального капитала как комплекса IT-компаний «МГТС» и «Ростелеком». *Экономика и предпринимательство*, 2016, № 5, с. 527–531.
- [3] Соколянский В.В., Пашков Б.С. Технологии BIG DATA и их инсталляция в экономические исследования. *Вопросы экономических наук*, 2015, № 4, с. 169–171.
- [4] Белагуров А.О., Соколянский В.В., Терехов В.И. Коэффициент Q-Тобина как один из показателей инвестиционной привлекательности компаний IT сектора экономики. *Экономические науки*, 2016, № 17, с. 74–78.
- [5] <https://www.boeing.com> (дата обращения 20.03.2021).
- [6] <http://engine.space> (дата обращения 20.03.2021).
- [7] Кирилук И.Л. Модели производственных функций для российской экономики. *Компьютерные исследования и моделирование*, 2013, т. 5, № 2, с. 293–312.
- [8] Гораева Т.Ю., Шамина Л.К. Атрибутивные признаки высокотехнологичных предприятий. *Научный журнал НИУ ИМТО. Сер. Экономика и экологический менеджмент*, 2014, № 2, с. 1–9.

Creating a Model of a High-Tech Innovative Enterprise on the Platform of a Modified Cobb–Douglas Type Production Function

© | Abramov T.E.
Baranov M.V.
Sokolyansky V.V

abramov_trofim@mail.ru
baranov.maksim18@yandex.ru
sokolyansky63@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The possibility of using a modified Cobb–Douglas type production function for modeling the activities of high-tech enterprises of the power engineering industry (Russian and foreign), control systems for the full life cycle of high-tech products is considered. In the process of creating the production function equation, a number of new parameters were installed in the model: research work multiplier; the number of highly qualified personnel; the cost of energy resources. It is shown that the created model of a high-tech enterprise is correctly used for enterprises of the rocket and space industry in the aspect of economic forecasting.

Keywords: high-tech enterprise, Cobb–Douglas function, full life cycle of high-tech products

УДК 623.8

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-002

Роль инновационных технологий в стратегии развития авиационных предприятий

© Алжанов Дидар Кенебайулы
Мынжасаров Рахымбай Исатаевич

dida_alzhanov@mail.ru
rahimbai@yandex.ru

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

Рассмотрены инновационные технологии, типы инноваций, а также участники инновационного процесса в авиастроительной промышленности.

Ключевые слова: *инновационные технологии, высокотехнологичная продукция, авиационные предприятия, конкурентоспособность, инновационный процесс*

Авиастроение традиционно является одной из наиболее высокотехнологичных отраслей машиностроения, для него характерна высокая наукоемкость, капиталоемкость, длительный производственный и жизненный цикл производимой продукции.

В настоящее время стратегический менеджмент рассматривается как неотъемлемый элемент системы управления любой организацией. Практика доказала, что именно те организации, которые осуществляют комплексное стратегическое управление, добиваются наибольшего успеха и выживают в жесткой конкурентной борьбе [1].

На многих отечественных предприятиях стратегический подход не реализован в полном объеме, что снижает эффективность менеджмента. Вместе с тем, внедрение современных технологий стратегического управления и стратегического планирования способно значительно повысить эффективность финансово-хозяйственной деятельности организаций.

Как уже отмечалось выше, низкий технологический уровень отечественного авиастроения выступает одним из ключевых факторов недостаточной конкурентоспособности гражданских самолетов на рынке. После распада Советского Союза технологическое развитие в отрасли гражданской авиации практически прекратилось. В результате авиапарк отечественных авиаперевозчиков в основном состоит из воздушных судов иностранных производителей. При этом сегмент военного самолетостроения не может в полной мере обеспечить загрузку производственных мощностей «Объединенные казахские авиалинии АО «ОКА». Тем не менее, все казахские авиалинии молоды и активно развиваются, открывая новые направления и расширяя флот. Таким образом, необходимость повышения технологического уровня современной авиатехники, выступает одним из необходимых условий развития авиационных предприятий, прежде всего, на рынке гражданского авиастроения [2]. Данная задача не может быть решена без активной инновационной политики и внедрения ее результатов на предприятиях группы «ОКА». Поэтому, по

мнению авторов, приоритетными направлениями инновационных проектов в АО «ОКА» на современном этапе должны выступать:

- разработка и внедрение инновационных технологий в гражданской авиации, направленных на производство авиационных комплексов нового поколения, не уступающих по своим эксплуатационно-техническим характеристикам импортной авиатехники;

- внедрение инновационных проектов в систему послепродажного сервисного обслуживания авиационной техники. Система послепродажного обслуживания авиационной техники должна решать задачу своевременного и качественного обслуживания авиационной техники в короткие сроки на основе современных технологий и оборудования. При этом приоритетное значение имеет сокращение сроков и стоимости работ в области сервисного обслуживания;

- масштабное внедрение информационных технологий в процессы проектирования, конструирования, производства, обслуживания авиационной техники на предприятиях группы «ОКА»;

- внедрение инновационных технологических процессов, нано- и композитных материалов, широко используемых в зарубежной практике, в производственный процесс;

- создание современных самолетов повышенной комфортности с отличными технико-эксплуатационными характеристиками.

Основные участники инновационного процесса в авиастроительной промышленности систематизированы на рисунке.



Основные участники инновационного процесса в авиастроительной промышленности

Из представленного рисунка следует, что основными типами инноваций на авиастроительном предприятии выступают рационализаторские предло-

жения, изобретения, стратегические инновации, прорывные инновации. При этом для различных типов инноваций характерен различный набор участников. Так, рационализаторские предложения и изобретения могут быть отнесены к инновациям локального типа, реализуемым непосредственно на предприятиях авиастроения.

Рационализаторскими предложениями занимаются непосредственно специалисты предприятия, изобретением — отдельные специализированные научно-исследовательские центры. Технологии стратегического характера, предполагающие создание инновационных или существенно усовершенствованных образцов продукции, реализуются в авиастроении на уровне холдингов и предполагают вовлечение в данный процесс научно-исследовательских институтов, вузов, научных центров холдингов, конструкторские бюро [3]. В частности, подобная структура сформирована в АО «ОКА», что говорит о возможности разработки и реализации инноваций стратегического типа. Прорывные инновации в авиастроении в силу высокой стоимости и сложности разработок, помимо крупных холдингов, зачастую требуют участия государства в данном процессе. В частности, многие из крупных проектов, реализуемых АО «ОКА», предполагают государственное финансирование. В процесс разработки и реализации прорывных инноваций в авиастроении привлекаются организации Академии наук, отраслевые научно-исследовательские институты.

Высокая диверсифицированность организационной структуры АО «ОКА», включающей в себя предприятия различного типа для организации полного цикла производства авиастроительной продукции (от научных разработок, опытно-конструкторских работ, до испытательных работ и серийного производства) ставит задачу организации эффективного инновационного процесса на всех уровнях вышеназванной структуры. Обеспечение конкурентоспособности АО «ОКА» требует непрерывного обновления в различных направлениях деятельности, при этом приоритетными направлениями выступают:

- обновление линий гражданских самолетов, при этом особую роль играют прорывные инновационные технологии, которые позволяют составить конкуренцию зарубежным компаниям;
- модернизация всех звеньев авиастроения: научно-исследовательского, конструкторского, производственного, испытательного звеньев;
- обновление используемых производственных технологий;
- совершенствование применяемых методов управления;
- формирование системы оперативного реагирования на изменения внешнего окружения;
- развитие новых и эффективных направлений деятельности предприятия, в том числе в рамках системы сервисного обслуживания произведенных авиатехники.

Заключение. Под стратегией развития предприятия понимается долгосрочное качественно определенное направление ее развития, касающееся

сферы, средств и форм деятельности, системы взаимоотношений внутри предприятия, а также позиции предприятия в окружающей среде, приводящее компанию к ее целям. Выделяется два основных уровня, на которых осуществляется стратегическое планирование — общекорпоративный уровень и функциональный уровень, на котором вырабатываются стратегии для различных подсистем управления (маркетинг, финансы, кадры и др.).

Процесс стратегического планирования в организации включает в себя следующую последовательность этапов: стратегический анализ внешней среды предприятия; стратегический анализ внутренней среды; обобщенный анализ; формулирование миссии и целей предприятия; формулирование и анализ стратегических альтернатив; выбор стратегии развития; контроль ее реализации (при необходимости — корректировка).

Неотъемлемым элементом стратегии развития современного авиационного предприятия выступает инновационная стратегия. Авиастроение традиционно являются одной из наиболее наукоемких отраслей, и требует проведения активной научно-исследовательской работы, совершенствования оборудования, технологии, комплекующих для производства конкурентоспособной продукции.

Литература

- [1] Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. *Стратегический менеджмент в инновационных организациях. Системный анализ и принятие решений*. М., Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2013.
- [2] Башкирова О.В., Долганова О.И. Стратегия развития компании в условиях новой экономической реальности. *Менеджмент сегодня*, 2017, № 1, с. 48–58.
- [3] Виханский О.С. *Стратегическое управление*. М., Изд-во МГУ, 2011.

The Role of Innovative Technologies in the Development Strategy of Aviation Enterprises

© | Alzhanov D.K.
Mynzhasarov R.I.

dida_alzhanov@mail.ru
rahimbai@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

Innovative technologies, types of innovations, as well as participants in the innovation process in the aircraft industry are considered.

Keywords: *innovative technologies, high-tech products, aviation enterprises, competitiveness, innovation process*

УДК 623.624

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-003

Влияние внешнесистемных параметров на прогнозируемую стоимость стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы

© Аносов Роман Сергеевич

an_rs@list.ru

Бывших Дмитрий Михайлович

biwshih2013@yandex.ru

Зеленская Светлана Геннадьевна

zelenskaya8@list.ru

НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА» Научно-исследовательский испытательный институт (радиоэлектронной борьбы) военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, 394064, Россия

Показано, что на повышение точности прогноза стоимости стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы значительное влияние оказывает учет внешнесистемных факторов (условий реализации стадий жизненного цикла). Представлены комбинированные экономико-математические модели зависимости стоимости стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы от внутрисистемных и внешнесистемных параметров. Модели базируются на действующей нормативной базе регулирования цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу. Применение комбинированной модели позволяет повысить точность прогноза стоимости стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы в позитивном горизонте прогноза.

Ключевые слова: прогнозирование, стадия жизненного цикла, математическая модель, корректирующие функции

Одной из важнейших задач в общей проблеме оптимизации затрат на полный жизненный цикл (ЖЦ) образцов техники радиоэлектронной борьбы является прогнозирование затрат на стадии ЖЦ, при этом точность прогноза может существенно повлиять на принятие решения по включению образца в перспективные планы развития (государственную программу вооружения, государственный оборонный заказ) для его создания и принятия на вооружение [1, 2]. Вопросы повышения точности прогнозирования стоимости стадий ЖЦ техники ранее рассматривались в аспекте релевантного учета факторов, связанных с техническим уровнем образцов [3]. В предлагаемой работе рассматриваются преимущественно внешнесистемные факторы. Основное внимание уделено прогнозу стоимости ОКР. Поскольку стадия ОКР является основополагающей начальной стадией ЖЦ, то точность определения объема затрат на выполнение ОКР является наиболее критичной, поскольку зачастую оценки стоимости последующих стадий формируются на базе стоимостных и временных параметров ОКР.

Стоимость разработки технических систем (комплексов, средств, далее по тексту — образец) зависит как от внутрисистемных параметров (тактико-

технических характеристик образца, его конструктивными особенностями), так и от внешнесистемных (наличия научно-технического задела, технологий проектирования и производства, микро- и макроэкономическими условий, уровня унификации и т. п.) [1, 2]. Зачастую это проявляется как отличия цены разных производителей на продукт примерно одного качества или отличия цены одного продукта в разных временных промежутках. Так, нормативными документами по ценообразованию на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу [4, пункт 17], устанавливается что «формирование цены... на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы...» проводится «...с учетом ... технических характеристик, сложности и уникальности видов и объемов работ, а также уровня квалификации специалистов, требующихся для их выполнения...»; цены должны индексироваться в соответствии с прогнозом социально-экономического развития [5, пункт 1]; цены должны учитывать региональные [6] и другие особенности проведения работ.

Определим стоимость разработки в общем случае как [7]

$$C = C(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i, \dots, \chi_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_m), \quad (1)$$

где C — стоимость разработки изделия; $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i, \dots, \chi_n$ — внутрисистемные параметры, т. е. — ТТХ, конструктивные особенности изделия; $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_m$ — внешнесистемные параметры — технико-технологические условия разработки, микро- и макроэкономические условия; n, m — число рассматриваемых внутрисистемных и внешнесистемных параметров соответственно.

Зависимости стоимости от внутрисистемных параметров достаточно подробно проанализированы ранее в работах [1, 2, 7], мультипликативная модель этой зависимости выглядит как

$$C = \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega_i}(\chi_i), \quad (2)$$

где Const — некоторая константа, например, стоимость образца аналога или среднестатистическая стоимость образца в выбранной группе; $f_i(\chi_i)$ — функция, определяющая характер влияния на стоимость образца i -й характеристики (корректирующая функция) [7, 8]; χ_i — значение i -й характеристики образца; ω_i — вес i -й характеристики; n — общее число характеристик.

Рассмотрим влияние также внешнесистемных параметров. Согласно нормативным документам при оценке стоимости могут применяться различные модели [4]. Например, «при формировании цены и (или) затрат могут применяться экономико-математические модели цены в зависимости от основных тактико-технических характеристик продукции» (модель 1). При применении «затратной» модели прогнозируются трудозатраты на работу, на

базе которых оцениваются затраты на оплату труда и другие составляющие себестоимости. Эти составляющие (статьи калькуляции) суммируются и определяется себестоимость работы, затем с учетом прибыли — цена (модель 2). При применении «метода индексации базовой цены» цена на продукцию устанавливается на очередной год и плановый период путем индексации сформированной ранее базовой цены с применением соответствующих индексов (модель 3). Однако стоимость работы зависит как от тактико-технических характеристик, так и других условий проведения работ, например, от уровня накладных расходов, принятом на предприятии. В соответствии с [4, пункт 18] «...величина расходов по каждой из статей затрат формируется с учетом необходимости применения комбинации методов определения цены на продукцию...». Поэтому для повышения точности прогноза применим комбинированный подход.

Рассмотрим сначала стоимость работ как совокупность статей калькуляции. При оценке себестоимости ОКР в соответствии с [9] выделяют следующие статьи затрат: материалы (s_1); спецоборудование (s_2); прочие прямые расходы, включая командировочные расходы (s_3); затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями (s_4); затраты на оплату труда (ЗОТ) (s_5); отчисления на социальные нужды (s_6); накладные расходы (s_7). Сумма этих статей составляет себестоимость работы

$$C = \sum_{i=1}^7 s_i. \quad (2)$$

Цена при нулевой НДС является суммой себестоимости и прибыли:

$$\text{Ц} = (1 + \rho)C, \quad (3)$$

где ρ — норматив прибыли.

По мнению авторов, реализация свойств образца (его тактико-технических характеристик и конструктивных особенностей), в основном, со статьями затрат «материалы», «оборудование», «затраты на оплату труда», в меньшей степени — «затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями» и «прочие прямые расходы, включая командировочные расходы». Затраты на социальные нужды связаны нормативно с затратами на заработную плату (нормативный коэффициент — 0,302). Также к ЗОТ привязаны накладные расходы, нормативный коэффициент определяется производителем. Обозначим этот коэффициент как k_{np} .

Однако запишем пока в общем виде для r -й статьи калькуляции

$$s_r = s_r(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i, \dots, \chi_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_j, \dots, \xi_m), \quad r = 1, 2, \dots, 7. \quad (4)$$

Вопросы оценки зависимости стоимости образцов от внутрисистемных параметров рассмотрены в [3, 7]. Там же обосновано, что для повышения точности прогноза целесообразно использование корректирующих функций.

Такой же подход может быть использован при прогнозировании составляющих затрат:

$$s_r = f_r(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i, \dots, \chi_n), \quad r = 1, 2, \dots, 7. \quad (5)$$

Для разных статей в общем случае функции f_r различны. Так, на стоимость материалов (s_1) большее влияние будут иметь такие параметры, как массогабаритные характеристики, тип и число носителей, применение дорогостоящей элементной базы и т. д., для статьи s_2 наиболее весомыми будут параметры, связанные с применением новых физических принципов и новых технологий, для s_4 — применение при создании образца разнообразных технических и конструктивных решений, для разработки которых требуются специалисты различного профиля [10]. На затраты на оплату труда влияют как технический уровень образца (для обеспечения высокого технического необходимо привлечение высококвалифицированных, следовательно, высокооплачиваемых специалистов), так и общий объем работ, определяемый как технической сложностью, так и системной сложностью (средство, комплекс, система).

Рассмотрим внешнесистемные параметры, которые, как представляется, целесообразно учитывать при определении стоимости образца. Основными аспектами, определяющими различия в ценах на образцы (например, образца и его аналога), по мнению авторов, являются следующие.

1. В соответствии с нормативными документами [5, пункт 1ж] при формировании и прогнозировании цен на научно-техническую продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, необходимо в установленном порядке применять индексы цен и индексы-дефляторы. «Базовая цена единицы продукции определяется затратным методом в условиях и ценах базового года с учетом размера плановой рентабельности (прибыли)» [4, пункт 23], т. е. различия макроэкономических условий (оцениваемые, например, через временной период между базовым моментом прогнозирования и моментом окончания работы или между моментами окончания работы для базового образца-аналога и оцениваемого образца [5, пункт 3.2]) определяются отношением значений индексов цен. Пример индексов цен приведен в табл. 1 [11].

Таблица 1

Пример индексов цен

Индекс цен	Значение в % к предыдущему году $D(t, t-1)$	Значение в % к 2015 г. $D(t, 2015)$
При переходе от цен 2015 г. к ценам 2016 г.	1,044	1,044
При переходе от цен 2016 г. к ценам 2017 г.	1,043	1,089
При переходе от цен 2017 г. к ценам 2018 г.	1,044	1,137
При переходе от цен 2018 г. к ценам 2019 г.	1,043	1,186
При переходе от цен 2019 г. к ценам 2020 г.	1,027	1,218
При переходе от цен 2020 г. к ценам 2021 г.	1,035	1,260

Например, если аналог разработан в 2015 г., а образец в 2020 г.:

$$\begin{aligned} C &= C^a D(t, t^a) = C^a D(2020, 2015) = \\ &= C^a D(2020, 2019) \times D(2019, 2018) \times \dots \times D(2016, 2015) = 1,26C^a, \end{aligned}$$

где $D(t, t^a)$ — коэффициент, учитывающий различия в макроэкономических условиях разработок, оцениваемый через дефляторы; t, t^a — год окончания разработки образца и его аналога соответственно.

В соответствии с [5, пункты 5.7, 6] «...при формировании цены...на опытно-конструкторские работы ...используется индекс, определяемый по формуле $0,5 \times$ Индекс потребительских цен $+ 0,5 \times$ Индекс цен производителей «Промышленность (BCDE)...»:

$$D(t, t^a) = 0,5(\text{ИПЦ}(t, t^a) + \text{ИЦП}(t, t^a)). \quad (6)$$

Поскольку «метод индексации по статьям затрат не применяется для определения цен научно-исследовательских и (или) опытно-конструкторских работ, работ по сервисному обслуживанию и ремонту, утилизации» [3], то применяем индексацию к себестоимости (или к цене) в целом:

$$C = C^b D(t, t^b) = C^b \times 0,5(\text{ИПЦ}(t, t^b) + \text{ИЦП}(t, t^b)), \quad (7)$$

где индекс «б» относится к базовой цене и моменту прогнозирования.

Однако в силу аддитивности себестоимости (выражение (2)) можем записать

$$C = \sum_{i=1}^7 s_i^b D(t, t^b). \quad (8)$$

2. Различный уровень унификации образцов. В работе [12] проведена оценка влияния унификации на стоимость техники радиоэлектронной борьбы. Интерпретируя результаты этой оценки, можем ввести корректирующий коэффициент вида

$$K_{\text{пр}}(k_{\text{пр}}, k_{\text{пр}}^b) = \frac{2 - k_{\text{пр}}}{2 - k_{\text{пр}}^b}, \quad (9)$$

где $k_{\text{пр}}, k_{\text{пр}}^b$ — коэффициент применяемости для нового образца и базовый (среднестатистический) коэффициент по соответствующей группе соответственно.

Коэффициент применяемости в соответствии с [13] определяется соотношением оригинальных и заимствованных составных частей как

$$k_{\text{пр}} = \frac{N - \eta}{N}, \quad (10)$$

где N — общее число составных частей в образце; η — число оригинальных составных частей.

По мнению авторов, унификация составных частей снижает затраты на оплату труда (сокращая время разработки образца) и затраты на материалы (поскольку покупные изделия обычно дешевле, чем оригинальные), тогда

$$s_1 = s_1^6 K_{\text{пр}}; \quad (11)$$

$$s_5 = s_5^6 K_{\text{пр}}, \quad (12)$$

где индекс «б» относится к среднестатистическому образцу.

3. Микроэкономические условия, принятые на предприятии, например, коэффициент для определения накладных расходов от затрат на оплату труда. Такие нормативы могут значительно отличаться на различных предприятиях. Обозначим этот коэффициент как $k_{\text{нр}}$:

$$s_7 = k_{\text{нр}} s_5. \quad (13)$$

Затраты на социальные нужды связаны нормативно с затратами на заработную плату (нормативный коэффициент — 0,302), также

$$s_6 = 0,302 s_5. \quad (14)$$

4. Региональные особенности учитываются поправочными коэффициентами (табл. 2). Применяются при определении выплат по заработной плате, отпускных и т. д. [14]:

$$s_5 = s_5^0 k_{\text{рег}}. \quad (15)$$

5. Влияние на себестоимость затрат по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями (s_4) предлагается оценивать статистическими методами. Как представляется, целесообразно предварительно оценивать долю затрат, выделяемых сторонним организациям от себестоимости или затрат на оплату труда. Для этого накапливается соответствующая статистика, на основании которой определяется зависимость доли затрат δ от числа сторонних исполнителей η .

На основании статистических данных методом наименьших квадратов рассчитаем зависимость доли затрат на сторонние организации от числа этих организаций:

$$\delta(\eta) = \alpha + \beta\eta. \quad (16)$$

Так, для примера из табл. 2 $\alpha = 0,1706$, $\beta = -0,0064$.

Для статьи затрат s_4 запишем

$$s_4 = s_5 \delta(\eta). \quad (17)$$

Таблица 2

Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями и предприятиями (пример)

Количество сторонних исполнителей η	Законченные ОКР*														
	1			2			3			4			...	N	
	$C_{зот}$	C_c	δ	$C_{зот}$	C_c	δ	$C_{зот}$	C_c	δ	$C_{зот}$	C_c	δ	$C_{зот}$	C_c	δ
1	—	—	—	120	10	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	35	7	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	300	50	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	250	40	0,16	—	—	—	—
6	210	31,5	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	345	48,3	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	176	19,36	0,11	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	289	0,09	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	45	0,09

* $C_{зот}$ — затраты на оплату труда; C_c — затраты на сторонние организации ; δ — отношение $C_c / C_{зот}$

Учитывая сказанное, комбинированные модели для статей затрат будут описаны выражениями (8):

$$\begin{aligned}
 s_1 &= D(t, t^\delta) K_{\text{пр}} \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 1i}(\chi_i); \\
 s_2 &= D(t, t^\delta) \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 2i}(\chi_i); \\
 s_3 &= D(t, t^\delta) \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 3i}(\chi_i); \\
 s_4 &= D(t, t^\delta) \delta(\eta) \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 5i}(\chi_i); \\
 s_5 &= D(t, t^\delta) K_{\text{пр}} \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 1i}(\chi_i); \\
 s_6 &= 0,302 D(t, t^\delta) K_{\text{пр}} \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 1i}(\chi_i); \\
 s_7 &= k_{\text{пр}} D(t, t^\delta) K_{\text{пр}} \text{Const} \prod_{i=1}^n f_i^{\omega 1i}(\chi_i).
 \end{aligned}$$

Представленные комбинированные экономико-математические модели позволяют повысить точность прогнозирования стоимости стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы за счет учета влияния как макро-, так и микро- экономических внешнесистемных параметров.

Литература

- [1] Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оценка затрат на создание высокотехнологичной продукции. *Компетентность*, 2015, № 6, с. 32–37.
- [2] Лавринов Г.А., Хрусталев Е.Ю. Методы прогнозирования цен на продукцию военного назначения. *Проблемы прогнозирования*, 2006, № 1, с. 87–96.
- [3] Аносов Р.С. и др. *Прогнозирование технико-экономических показателей образцов техники радиоэлектронной борьбы*. Воронеж, Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018.
- [4] *Положение о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу*. Принято Постановлением Правительства РФ № 1465 от 02.12.2017.
- [5] *Порядок применения индексов цен и индексов-дефляторов по видам экономической деятельности, а также иных показателей в составе прогноза социально-экономического развития Российской Федерации при формировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу*. Утвержден приказом министра Минэкономразвития России № 190 от 01.04.2020.
- [6] *Районный коэффициент и правила его применения в регионах России в 2020 году*. URL: <https://zakonguru.com/trudovoe/oplata/pensija/rajonnyj-koefficient.html> (дата обращения 19.01.2021).

- [7] Аносов Р.С., Бывших Д.М., Зеленская С.Г. Прогнозирование стоимости средств измерений. *Радиопромышленность*, 2018, т. 28, № 4, с. 76–84.
- [8] Льюис К.Д. *Методы прогнозирования экономических показателей*. М., Финансы и статистика, 1986.
- [9] Приказ Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации от 23.08.2006 № 200 «Об утверждении Порядка определения состава затрат на производство продукции оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу» (глава 11). URL: <http://www.rg.ru/2007/01/20/oboronka-zakaz-dok.html>
- [10] Батьковский А.М. Оценка технического и технологического уровня продукции специального назначения. *Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.* Уфа, МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016, ч. 2, с. 17–19.
- [11] *Индексы-дефляторы. Прогноз показателей инфляции и системы цен по данным Минэкономразвития России*. URL: <http://www.e-smeta.ru/index/246-deflyatory-rokazateli-inflyacii.html> (дата обращения 23.01.2016).
- [12] Аносов Р.С. и др. Экономический эффект от применения унифицированных составных частей при разработке техники радиоэлектронной борьбы. *Вооружение и экономика*, 2014, № 4, С. 100–104.
- [13] ГОСТ 23945.0–80. *Унификация изделий. Основные положения*. М., Изд-во стандартов, 1991.
- [14] *Районный коэффициент и правила его применения в регионах России в 2020 году*. URL: <https://zakonguru.com/trudovoe/oplata/pensiya/rajonnyj-koefficient.html> (дата обращения 19.01.2021).

Influence of External System Parameters on the Projected Cost of Stages Life Cycle of Electronic Warfare Equipment Samples

© Anosov R.S.
Bivshikh D.M.
Zelenskaya S.G.

an_rs@list.ru
biwshih2013@yandex.ru
zelenskaya8@list.ru

Scientific Research Testing Institute (radio-electronic warfare) of the Military Education and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, 394064, Russia

It is shown that the increase in the accuracy of the forecast of the cost of stages of the life cycle of samples of electronic warfare equipment is significantly influenced by the consideration of external system factors (conditions for the implementation of the stages of LC). Combined economic and mathematical models of the dependence of the cost of the life cycle of electronic warfare equipment samples on the internal and external system parameters are presented. The models are based on the current regulatory framework for regulating prices for products supplied under the state defense order. The use of the combined model makes it possible to increase the accuracy of the forecast of the cost of the stages of the life cycle of electronic warfare equipment samples in the positive forecast horizon.

Keywords: forecasting, life cycle stage, mathematical model, correction functions

УДК 623.624

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-004

Снижение риска НИОКР при военно-научном сопровождении

© | Аносов Роман Сергеевич
Бывших Дмитрий Михайлович
Зеленская Светлана Геннадьевна

an_rs@list.ru
biwshih2013@yandex.ru
zelenskaya8@list.ru

НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА» Научно-исследовательский испытательный институт (радиоэлектронной борьбы) военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, 394064, Россия

Показано, что военно-научное сопровождение НИОКР является эффективным средством снижения риска. Представлены математические модели оценки риска реализации НИОКР. Модели базируются на классическом определении риска для сложных процессов. Разработанные математические модели показывают значительное снижение риска при военно-научном сопровождении работ.

Ключевые слова: *военно-научное сопровождение, математическая модель, вероятность ущерба, средний риск*

Для наиболее полной реализации требований руководящих и нормативных документов Минобороны России в части военно-научного сопровождения (ВНС) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и управления развитием системы вооружения, целесообразно учитывать качество выполнения НИОКР, предполагающих поэтапное проведение оценок соответствия предлагаемых и реализуемых конструкторских решений (результатов НИОКР) требованиям повышения эффективности создаваемых образцов техники.

В рамках ВНС НИОКР по созданию техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) такие оценки проводятся, однако в этом направлении необходимо решение еще ряда методологических задач, связанных с комплексной количественной оптимизацией характеристик и свойств образцов техники РЭБ. Сложность этих задач связана с большим многообразием (типажом) средств РЭБ, структурной сложностью системы вооружения РЭБ (объекта оптимизации) и другими особенностями системы вооружения РЭБ, указанными выше. Одной из таких характеристик должна являться оценка риска при выполнении НИОКР.

На основании результатов анализа риска вырабатываются направления его снижения, которые в силу природы риска [1–3] сводятся либо к снижению вероятности отрицательных исходов, либо к снижению величины ущерба. Для НИОКР снижение величины возможного ущерба традиционно осуществлялось путем ВНС, т. е. контроля хода выполнения НИОКР на этапах исследований и разработок и досрочное прекращение работы, если получение ожидаемых результатов не представляется возможным [2, 3]. Это позволяло

минимизировать нерациональные расходы на НИОКР и экономить временной ресурс, исключая неперспективные разработки на ранних этапах.

Совокупность возможных реализаций НИОКР состоит из следующих событий:

а) событий, когда работа заканчивается по окончании какого-либо из ее этапов (ущерб в этом случае представляет сумму стоимостей проведенных этапов), число таких событий равно числу этапов;

б) события, заключающегося в успешном окончании работы, когда ущерб равен нулю. Отметим, что сумма вероятностей этих событий равна 1. В работах [3, 4] также приводятся модели для оценки вероятностей исходов этапов работ, поэтому, в настоящей работе будем считать, что вероятности отрицательных исходов этапов работы определены согласно [3, 4] и равны $q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_m$.

Величину риска определяем традиционно [4, 5] через возможный ущерб и вероятность такого ущерба:

$$R = Aq, \quad (1)$$

где R — риск; A — ущерб; q — вероятность исхода, связанного с ущербом.

Тогда, если для работы, контролируемой на m этапах, стоимость этапа составляет C_i , вероятность отрицательного исхода, а вместе с этим и прекращения работы, на i -м этапе при условии, что предыдущие этапы закончились

успешно, составляет q_i , а ущерб — $\sum_{s=1}^i C_s$, то средний риск составит

$$R^k = \sum_{i=1}^m \left(q_i \sum_{s=1}^i C_s \right). \quad (2)$$

При отсутствии контроля хода выполнения работы отрицательный исход выявляется только по окончании планового срока работы, хотя проблемы выполнения могут возникнуть на любом из m этапов. При том же порядке поэтапного финансирования работы ущерб при отрицательном исходе будет равен суммарной стоимости всех этапов или стоимости работы в целом. Вероятность положительного исхода работы та же, что и при проведении контроля, а следовательно, вероятность отрицательного исхода работы равна сумме вероятностей отрицательного исхода на этапах, т. е.

$$R = Aq = (C_1 + C_2 + \dots + C_m)(q_1 + q_2 + \dots + q_m) = \left(\sum_{s=1}^m C_s \right) \left(\sum_{i=1}^m q_i \right). \quad (3)$$

Простое преобразование выражения (3) позволит записать средний риск при отсутствии контроля в виде [5]

$$R = \sum_{i=1}^m \left(q_i \sum_{s=1}^m C_s \right). \quad (4)$$

Сравнивая (2) и (4) и учитывая, что C_i и q_i положительны и $m \geq i$, получим, что при любых C_i , q_i и m :

$$R^k \leq R, \quad (5)$$

т. е. риск при осуществлении контроля всегда меньше (равен) риска при отсутствии контроля.

Рассмотрим пример. Пусть предлагается к постановке опытно-конструкторская работа (ОКР) стоимостью 240 у. е. Работа проводится в шесть этапов (таблица). Пусть априорные вероятности исхода этапов определены по какой-либо из методик [3–6] и составляют 0,01; 0,02; 0,05; 0,11; 0,05; 0,01. На основе этих данных определяем условные вероятности положительных и отрицательных исходов работ на этапах ОКР и риски:

$$p_{i+1} = p_i(1 - q_{i+1}^a), \quad q_{i+1} = p_i q_{i+1}^a, \quad R_i = q_i A_i.$$

Полная группа событий по реализации ОКР представлена положительным исходом ОКР с вероятностью 0,7715 при нулевом ущербе и отрицательными исходами на этапах ОКР (см. таблицу).

Риск при осуществлении ВНС и прекращения работы при отрицательном исходе этапа составляет $\approx 39,5$ у. е. В то же время риск при отсутствии контроля составит $\approx 54,8$ у. е.

Литература

- [1] Рахманов А.А., Буренок В.М., Лавринов Г.А. Оценка реализуемости Государственной программы вооружения. *Военная мысль*, 2001, № 1, с. 37–40.
- [2] Донсков Ю.Е., Аносов Р.С., Бывших Д.М. Особенности управления развитием системы вооружения радиоэлектронной борьбы. *Военная мысль*, 2019, № 11, с. 69–77.
- [3] Лавринов Г.А. *Военно-экономическое обеспечение реализации планов развития вооружения и военной техники*. М., Центр военно-научной информации МО РФ (ЦСИФ), 2002.
- [4] Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М., Мир, 1994.
- [5] Боев А.С. и др. Анализ рисков при подготовке научно-технического и технологического задела инноваций. *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, 2013, № 3, с. 214–221.
- [6] Ковырзина К.В. Методика оценки рисков НИОКР промышленного предприятия. *Экономика и менеджмент инновационных технологий*, 2014, № 11. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2014/11/6416> (дата обращения 20.03.2021).

Этапы ОКР и оценка риска

Номер этапа (i)	Наименование этапа ОКР (согласно ГОСТ 15.203-2001)	Вероятность отрицательного исхода этапа (q_i)	Вероятность положительного исхода работы на этапе (p_i)	Вероятность отрицательного исхода работы на этапе (q_i)	Стоимость работ на этапе, у.е. (C_i)	Ущерб при отрицательном исходе (A_i)	Риск, у.е. ($q_i A_i$)
1	Разработка эскизного проекта.	0,01	0,99	0,01	15,00	15,00	0,15
2	Разработка технического проекта	0,02	$0,99 \times 0,98 = 0,9702$	$0,99 \times 0,02 = 0,0198$	30,00	45,0	0,891
3	Разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца.	0,05	$0,9702 \times 0,95 = 0,92169$	$0,9702 \times 0,05 = 0,04851$	40,00	85,0	4,12335
4	Изготовление опытных образцов и проведение предварительных испытаний	0,11	$0,92169 \times 0,89 = 0,820304$	$0,92169 \times 0,11 = 0,101386$	140,00	225,0	22,81183
5	Проведение государственных испытаний опытного образца	0,05	$0,820304 \times 0,95 = 0,779289$	$0,820304 \times 0,05 = 0,041015$	10,00	235,0	9,638573
6	Утверждение рабочей конструкторской документации для организации промышленного производства	0,01	$0,779289 \times 0,99 = 0,771496$	$0,779289 \times 0,01 = 0,007793$	5,00	240,0	1,870293
	Итого	—	$\prod_{i=1}^6 p_i = 0,771496$	$\sum_{i=1}^6 q_i = 0,228504$	$\sum_{i=1}^6 C_i = 240,0$	—	$R^k = \sum_{i=1}^6 q_i A_i = 39,485$
$R = \left(\sum_{i=1}^6 C_i \right) \prod_{i=1}^6 p_i = 240,0 \times 0,771496 = 185,15904$							

Military-Scientific Support as a Means of Reducing Risk in R & D

© Anosov R.S. an_rs@list.ru
Biwshikh D.M. biwshih2013@yandex.ru
Zelenskaya S.G. zelenskaya8@list.ru

Scientific Research Testing Institute (radio-electronic warfare) of the Military Education and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, 394064, Russia

Mathematical models of risk assessment of research and development activities are presented. The models are based on the classical definition of risk for complex processes. Developed mathematical models of risk assessment in military scientific support of work.

Keywords: military-scientific support, mathematical model, damage probability, average risk

УДК 623.624

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-005

Испытания как один из важнейших этапов жизненного цикла техники радиоэлектронной борьбы

© Аносов Роман Сергеевич an_rs@list.ru
Бивших Дмитрий Михайлович biwshih2013@yandex.ru
Суровцев Сергей Владимирович serg-surovtsev@yandex.ru

НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА» Научно-исследовательский испытательный институт (радиоэлектронной борьбы) военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, 394064, Россия

Показано, что испытания на стадии опытно-конструкторских работ (ОКР) являются одним из важнейших этапов жизненного цикла образцов техники РЭБ. Испытания являются итоговым этапом ОКР, на котором фактически принимается решение о постановке образца на вооружение. При сложившейся тенденции на повышение технической сложности образцов, а следовательно, и на их удорожание, значительно повышается цена ошибки при принятии такого решения. Представлены математические модели оценки риска при испытаниях образца. Модели базируются на классическом определении риска для сложных процессов и учитывают возможный ущерб на последующих этапах жизненного цикла образца при неадекватных решениях на этапе испытаний.

Ключевые слова: жизненный цикл, испытания, математическая модель, вероятность ущерба, средний риск

Испытания являются неотъемлемой частью процесса создания образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) различных видов [1, 2]. Конечной целью испытаний является оценка эффективности функционирования образца и про-

верка его на соответствие заданным требованиям. Практически во всех случаях основными проблемами при испытаниях являются обеспечение адекватности эксперимента реальной ситуации последующего применения создаваемого объекта, определение набора контролируемых параметров, обеспечение необходимой точности измерений. Первостепенным фактором неопределенности является неоднозначный процесс развития радиоэлектронных средств (РЭС) противника, являющихся объектами РЭБ, а также ведение противником информационного противодействия, т. е. преднамеренного создания дефицита данных о перспективных РЭС или распространения дезинформации [3]. Действие негативных факторов и неопределенностей может в значительной мере сказываться на результатах испытаний, и, в конечном итоге, на уровне оснащенности войск РЭБ, эффективности техники РЭБ и может вести к нерациональному расходованию ограниченных ресурсов. Чаще действие таких факторов выражается в некотором несоответствии требуемых и реализованных тактико-технических характеристик (ТТХ) создаваемого перспективного образца объектам РЭБ. При этом в зависимости от уровня такого несоответствия разработанный образец может быть:

- при малом несоответствии принят на вооружение, при этом его реальная эффективность будет меньше планируемой;
- при большом несоответствии образец будет отправлен на доработку по результатам испытаний;
- при критическом несоответствии будет принято решение о нецелесообразности производства образца.

Также возможен случай, когда из-за неопределенностей в прогнозе противника перспективный образец может быть не принят на вооружение, и в войсках будут находиться малоэффективные образцы техники РЭБ, которые не смогут выполнять актуальные задачи РЭБ по подавлению новых РЭС противника.

Как следует из сказанного, объективно существует некоторый риск возникновения ущерба на последующих стадиях жизненного цикла в случае ошибок при проведении испытаний. Выше рассматривались основные возможные отрицательные исходы влияния факторов риска при проведении испытаний техники РЭБ. Рассмотрим эти исходы в аспекте риска.

При незначительном несоответствии реализованных ТТХ образец может быть принят на вооружение, при этом его реальная эффективность будет меньше планируемой. Основным назначением техники РЭБ является защита своих войск, объектов и вооружения и основным эффектом ее применения является снижение потерь при ведении боевых действий [4]. Снижение эффективности означает увеличение потерь военной техники своей группировки войск в боевых эпизодах. Возможный ущерб можно рассматривать как разность возможного снижения потерь при планируемых (требуемых) ТТХ образца и потерь при реализованных ТТХ. При подсчете риска необходимо учитывать вероятность применения образца. В соответствии с классической моделью риска [5] для рассматриваемого случая запишем:

$$R_1 = p_1 \rho u_1 = p_1 \rho (\Pi_{\text{реал}} - \Pi_{\text{пл}}), \quad (1)$$

где R_1 — риск рассматриваемого события; p_1 — вероятность незначительного отклонения реализованных ТТХ от планируемых (требуемых); ρ — вероятность применения образца (ведения боевых действий); u_1 — ущерб; $\Pi_{\text{пл}}$, $\Pi_{\text{реал}}$ — потери при планируемых ТТХ образца и реализованных ТТХ соответственно.

При значительном несоответствии ТТХ образец будет отправлен на доработку, при этом ущерб будет равен величине затрат на доработку плюс относительное повышение потерь за время доработки, пока образец не будет поставлен в войска:

$$R_2 = p_2 (C_d + \rho_1 (\Pi_{\text{бо}} - \Pi_{\text{пл}})), \quad (2)$$

где R_2 — риск рассматриваемого события; p_2 — вероятность значительного отклонения реализованных ТТХ образца от планируемых (требуемых); C_d — стоимость доработки; ρ_1 — вероятность ведения боевых действий в период доработки образца; $\Pi_{\text{бо}}$, $\Pi_{\text{пл}}$ — потери при ведении боевых действий при отсутствии образца в войсках и при его наличии в войсках.

При критическом несоответствии будет принято решение о нецелесообразности производства образца. При этом ущерб будет равен величине затраченных ассигнований на разработку плюс повышение потерь за время, пока новый образец для выполнения тех задач РЭБ, которые предполагалось выполнять не принятым к производству образцом, не будет поставлен в войска:

$$R_3 = p_3 (C_p + \rho_{iz} (\Pi_{\text{бо}} - \Pi_{\text{пл}})), \quad (3)$$

где R_3 — риск рассматриваемого события; p_3 — вероятность критического отклонения реализованных ТТХ от планируемых (требуемых); C_p — стоимость разработки; ρ_{iz} — вероятность ведения боевых действий в период до начала поставок в войска нового образца техники; $\Pi_{\text{бо}}$, $\Pi_{\text{пл}}$ — потери при ведении боевых действий при отсутствии образца в войсках и при его наличии.

Риск случая, когда перспективный образец не принят на вооружение может быть оценен также по (3), но p_3 представляет собой вероятность рассматриваемого случая. Средний риск в соответствии с [5] равен сумме рассмотренных частных рисков.

По мнению авторов, основным направлением парирования неопределенностей и снижения риска на этапе испытаний техники РЭБ при выработке решения о принятии образца на вооружение, наряду с повышением точности прогноза ТТХ РЭС противника и рассмотрения реалистичных сценариев применения этих РЭС, повышения точности измерений, применения адекватных методик испытаний, является обеспечение возможности оперативной

корректировки ТТХ средств РЭБ (их модернизации) на различных последующих стадиях жизненного цикла. Для этого в системе управления полным жизненным циклом образца должны быть реализованы не только возможности оценки рисков и выработки мер по их снижению, но и средства доведения уровней ТТХ образца до требуемых (оптимальных) уровней [6], а также возможность оценки экономической целесообразности такой модернизации.

Литература

- [1] Панычев С.Н. и др. Формализованный подход к генерации рациональных вариантов развития системы испытаний техники радиоэлектронной борьбы. *Вестник Воронежского государственного технического университета*, 2014, т. 10, № 3-1, с. 71–75.
- [2] Александровская Л.Н. и др. *Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем*. М., Логос, 2003.
- [3] Аносов Р.С. и др. *Прогнозирование технико-экономических показателей образцов техники радиоэлектронной борьбы*. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018.
- [4] Луценко А.Д., Орлов В.А., Бывших Д.М. *Основы военно-экономического обоснования стратегии развития системы вооружения радиоэлектронной борьбы Вооруженных сил Российской Федерации*. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018.
- [5] Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М., Мир, 1994.
- [6] Дмитриев А.В., Бывших Д.М. Методический подход к оценке модернизационной пригодности образцов техники радиоэлектронной борьбы. *Ремонт, восстановление, модернизация*, 2018, № 5, с. 32–36.

Testing as One of the Most Important Stages of the Life Cycle of Electronic Warfare Equipment

© Anosov R.S.
Biwshikh D.M.
Surovtsev S.V.

an_rs@list.ru
biwshih2013@yandex.ru
serg-surovtsev@yandex.ru

Scientific Research Testing Institute (radio-electronic warfare) of the Military Education and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, 394064, Russia

It is shown that tests at the stage of development work (R & D) are one of the most important stages of the life cycle of electronic warfare equipment samples. The tests are the final stage of the working, at which a decision is actually made on putting the sample into service. With the current trend to increase the technical complexity of samples, and, consequently, to increase their cost, the price of an error in making such a decision significantly increases. Mathematical models of the assessment of the risk of testing the sample are presented. The models are based on the classical definition of risk for complex processes and take into account possible damage at subsequent stages of the sample life cycle with inadequate solutions at the test stage.

Keywords: life cycle, tests, mathematical model, probability of damage, average risk

УДК 658.5

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-006

Внедрение цифровых системы управления, обеспечивающих качество на всех этапах жизненного цикла наукоемкой продукции

© | Апашкина Дарья Сергеевна

dasha9867@mail.ru

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

Обоснована актуальность введения современных цифровых технологий и систем управления на предприятии с целью повышения эффективности работы, а также упрощению и ускорению некоторых бизнес-процессов. Рассмотрены характерные черты наукоемкой продукции, главные принципы и специфика управления жизненным циклом наукоемкой продукции.

Ключевые слова: *жизненный цикл, наукоемкая продукция, цифровизация бизнес-процессов*

В настоящее время происходит цифровизация многих направлений экономического развития, значимость цифровых технологий растет. В научной литературе многие авторы поднимали вопросы значимости внедрения информационных технологий на предприятии, например П.М. Калинина, В.В. Дрошнев, Г.М. Зарипова и многие др. [1].

Цифровая трансформация — это введение в бизнес-процессы новых информационных технологий, которые позволяют организациям изменить подход к управлению, развивают дополнительные способы коммуникации и как следствие выходит на новый уровень конкурентоспособности и заметно увеличивает эффективность своей работы. Переход фирмы на цифровые технологии позволяет выполнять бизнес-процессы. Наукоемкие продукты — комплекс взаимосвязанных аппаратов, элементов, деталей, сборок с каждым из которых связана техническая информация, которая в свою очередь включает технические характеристики условий эксплуатации и ремонта и т. д. [2]. В работе изучены ключевые вопросы, связанные с осуществлением передачи и получения информации среди участников жизненного цикла изделия на этапе ОКР.

Любой продукт в период в своей «жизни» проходит несколько стадий от зарождения идеи (инициации) до получения конечного продукта. Этапы, через которые проходит наукоемкое изделие называется его жизненным циклом [3]. Он состоит из следующих стадий: маркетинговое исследование (научные исследования), планирование и разработка, закупка и производство, контроль, монтаж и наладка, техническая поддержка, эксплуатация, послепродажное обслуживание, утилизация или переработка.

Координирование рынка наукоемкой продукции связана с уникальностью, технической сложностью, небольшими затратами и содержанием изде-

лия. Научноёмкая продукция имеет свои особенности, которые определяют состав этапов продукта.

Актуальность внедрения и применения цифровых технологий на предприятии поясняется тем, что требуется оперативно принимать решения в различных областях, например, таких, как технические характеристики научноёмкой продукции, комплектация и ее состав и т. д. Большинство видов высокотехнологичной продукции в машиностроении состоит из покупных комплектующих изделий, а следовательно, данный процесс нуждается в усиленном контроле и оперативном согласовании. Для изготовления некоторой научноёмкой продукции заключаются более чем 100 контрактов с различными поставщиками. Исходя из этого на этапе ОКР необходим максимальный уровень вовлеченности всех участников проекта (заказчик, головной разработчик, ответственные исполнители, поставщики, разработчики, производители и др.).

Если в организации нет единой цифровой системы, сопровождающей жизненный цикл научноёмкой продукции, то обмен информацией осуществляется с помощью обмена документами в бумажном виде, по электронной почте. Далеко не во всех организациях внедрена информационная система, обеспечивающая обмен данными в едином информационном пространстве. Система может охватывать конкретный отдел или департамент, но не всех участников проекта. В связи с этим возникает множество проблем, связанных с согласованием технических характеристик/задания/условий/требований, использование неверной (или устаревшей) конструкторской документации, потеря информации по электронной почте, отсутствие оперативной связи с ответственным исполнителем конструкторской документации и др. [4]. Все вышеуказанные проблемы могут привести к тому, что будут увеличены сроки исполнения, изменены стоимость выполнения работ, изготовлены комплектующие изделия, которые не подходят для использования в продукции.

В истории развития промышленных производственных систем происходили события, которые создавали предпосылки к революционному скачку технологий. Активное формирование цифровых технологий во всех сферах жизни человека, сподвигло к проектированию систем и разработки технологий информационного управления в виде CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий).

В России внедрение CALS-технологий находится на начальном этапе. Автоматизированные процессы управления производственной деятельностью компании в совокупности с его технологическим переоснащением и формированием инновационных технологических процессов, дают возможность создавать наиболее подходящие и эффективные по ресурсоемкости производства с полным раскрытием промышленного потенциала [5].

Своевременное и непрерывное развитие CALS-технологий является важным и необходимым условием технологического развития производственной системы. В результате постоянной информационной поддержки обеспечива-

ются унифицированные методы управления процессами и взаимодействия всех участников жизненного цикла, включая ответственных исполнителей, заказчиков продукции, поставщиков, подрядчиков, производителей и другого необходимого персонала. Информационная поддержка осуществляется в соответствии с требованиями международных стандартов. Использование CALS-технологий дает возможность значительно уменьшить объемы проектных работ. Это связано с тем, описание множества составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся прежде, хранятся в унифицированных форматах сетевых серверов, доступных любому пользователю CALS-технологий.

Ключевые правила функционирования CALS-технологий основываются на контроле и организации этапов жизненного цикла продукции. Например, обеспечение системного управления, снижение затрат, объединение информационных потоков, передача и получение информации участниками производится на безбумажной основе, сопутствующий инжиниринг все процессов.

Наиболее известными примерами CALS-технологий являются цифровые методы проектирования производств, поддерживающие контроль жизненного цикла продукции, например CAD (англ. Computer Aided Design — система автоматизированного проектирования), CAE (англ. Computer Aided Engineering — изучение свойств объектов), CAM (англ. Computer Aided Manufacturing — система подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ), PDM (англ. Product Data Management — хранение данных и контроль документации) [6].

Создание на всех этапах жизненного цикла наукоемкой продукции единого информационного сопровождения позволяет решать проблемы и задачи за меньший временной срок, а также повышает технический уровень и надежность высокотехнологичной продукции. Именно цифровые системы обеспечивают информационное единство всех работ и информации. Они позволяют незамедлительно реагировать на все изменения, четко исполнять поручения, дают возможность сформировать интегрированную информационную среду, в которой осуществляется эффективное информационное взаимодействие всех участников жизненного цикла высокотехнологичной продукции.

Литература

- [1] Арсеньева В.А., Янпольская Е.А. Жизненный цикл товара: методики оценки. *Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление*, 2014, № 4, с. 7–16.
- [2] Меринов М.В. Особенности управления эффективностью организации на этапах ее жизненного цикла. *Вестник Самарского государственного экономического университета*, 2020, № 5, с. 72–88.
- [3] Ершова И.В. *Управление разработкой наукоемкого продукта*. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2018.
- [4] Пуряев А.С. *Организация наукоемкого производства*. Набережные Челны, НЧИ КФУ, 2019.

- [5] Юрчик П., Голубкова В. *Применение CALS-технологий на предприятии*. СПб., Лань, 2020.
- [6] Шутова В. *Жизненные цикл товара как элемент управления качеством*. М., Palmarium Academic Publishing, 2017.

Implementation of Digital Control Systems Ensuring Quality at All Stages of the Life Cycle of Scientific Products

© | Apashkina D.S.

dasha9867@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

In the article the relevance of the introduction of modern digital technologies and management systems at the enterprise in order to increase the efficiency of work, as well as to simplify and speed up some business processes. The characteristic features of high technology products, the main principles and specificity of life cycle management of high technology products are considered.

Keywords: *life cycle, high technology products, digitalization of business processes*

УДК 623.4

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-007

Управление параметрами готовности модернизируемого самоходного артиллерийского орудия в контракте жизненного цикла

© | Афанасьев Александр Сергеевич

afanasev_as@voenmeh.ru

Вященко Юрий Леонидович

viashchenko_iul@voenmeh.ru

Иванов Константин Михайлович

Яковлев Сергей Александрович

iakovlev_sa@voenmeh.ru

БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, 190005, Россия

Рассмотрена актуальная задача обеспечения готовности как определяющей характеристики самоходной артиллерии в контракте жизненного цикла взаимодействия заказчика и разработчика с привлечением методологии информационно-системного подхода.

Ключевые слова: *контракт жизненного цикла, готовность, управление, моделирование, прогнозирование*

АО «Уралтрансмаш» является крупнейшим в Российской Федерации производителем самоходной артиллерии. Так, в настоящее время, в эксплуатации находится 245 самоходных гаубиц 2С19М2, из которых 207 новых и 38 модернизированных. На рис. 1 показаны объемы поступления 2С19М2 в войска РФ по годам.

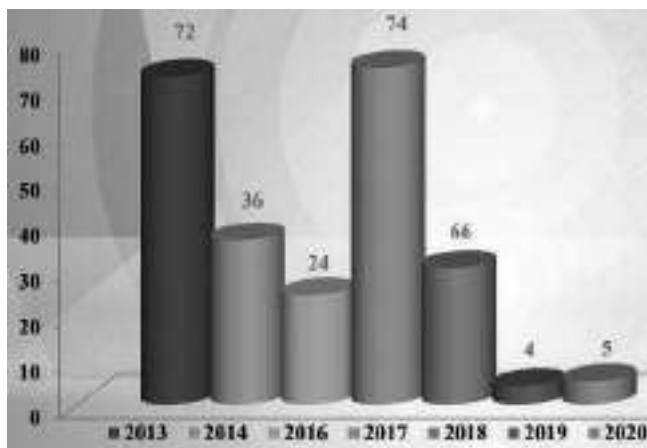


Рис. 1. Поступление в войска:

в 2013 — 72 шт., в 2014 — 36 шт., в 2016 — 24 шт., в 2017 — 74 шт., в 2018 — 30 шт., в 2019 — 4 шт. и в 2020 году — 5 шт.

АО «Уралтрансмаш» в «Докладе о ходе выполнения мероприятий по повышению надежности изделий 2С19М2» по состоянию на первый квартал 2020 г. констатирует о поступлении, в период эксплуатации изделий 2С19М2 с 2013 по 2019 гг., из воинских частей 843 уведомления о 959 выявленных неисправностях.

Характер дефектов по результатам анализа 376 актов исследования, оформленных в период 2018–2019 гг., представлен на рис. 2.

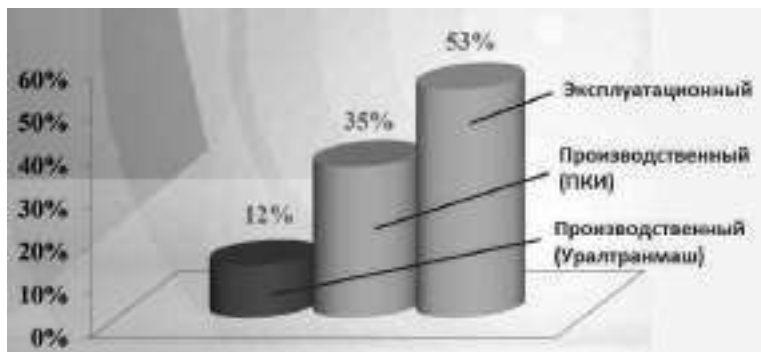


Рис. 2. Характер дефектов по результатам анализа 376 актов исследования, оформленных в период 2018–2019 гг.

Анализ данных позволил отметить недостатки существующей системы комплексного обслуживания и ремонта изделий. Приведенные данные демонстрируют необходимость корректировки проектного управления жизненным циклом (ЖЦ) изделий военного назначения (ИВН).

Перспективным направлением проектного управления в ЖЦ позволяющим обеспечить высокий уровень надежности, готовности и эффективности разрабатываемых и модернизируемых ИВН, является интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) ЖЦ наукоемких изделий.

Одним из инструментов ИЛП служит система контрактации, которая представлена в РФ ФЗ № 44 «О контрактной системе в сфере закупок работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и ФЗ № 275 «О государственном оборонном заказе». В связи с этим, актуальным оказывается обеспечение контракта жизненного цикла (КЖЦ) ИВН всесторонней информационной поддержкой.

Под КЖЦ ИВН формируется роль проектного управления в ЖЦ. Повышается эффективность управления на всех стадиях (проектирование, производство, эксплуатация) и этапах ЖЦ в системе PLM и ИЛП.

При риск-разделенном партнерстве требуемые значения показателей достигаются совместно изготовителем и потребителем. Именно риск-разделенное партнерство как объединение усилий потребителя и изготовителя позволяет оптимизировать и регулировать стоимость КЖЦ в зависимости от взятых обязательств и степени ответственности каждого [1].

КЖЦ может рассматриваться как механизм, обеспечивающий и разграничивающий степень ответственности изготовителя за те затраты, которые он несет при выполнении заказа, за достижение тактико-технических показателей, прежде всего, показателей готовности конечного изделия, а также за соблюдение договорных сроков поставки.

Приобретают инновационный смысл «сквозные» технологии, повышающие эффективность принятия конструкторско-технологических, логистических решений на всех этапах жизненного цикла и, тем самым, повышающих адекватность, достоверность, гарантии выполнения требований ТТЗ по всем системным показателям ИВН, что обеспечивает минимизацию рисков.

В управлении процессом создания изделий востребованной оказывается информационно-системная методология [2], предполагающая оценку достоверности результатов разработки и проектирования, оценку рисков и ресурсов, при том, что основной целью управления является оптимизация процесса создания ИВН за счет перераспределения средств, расходуемых на этапах его разработки, проектирования, испытаний и последующей эксплуатации.

Совокупность сквозных связей информационного согласования последовательных этапов и стадий жизненного цикла изделия ИВН по потокам проектирования (эскизно-технический проект, рабочее проектирование, изготовление, испытания и доработка опытного образца, постановка на серийное производство, эксплуатационное проектирование) может быть представлена сетевым графом (рис. 3). Сетевой граф отражает интеллектуально-информационную динамическую сеть связей и отношений, характеризующих информационное согласование в потоках проектирования образца ИВН, с целью достижения требуемой готовности изделия. При этом основу сетевого графа

составляет принцип информационного сопряжения последовательных циклов информационного процесса разработки образца ИВН. При этом, обеспечивается непрерывный характер нарастания значений информационно-энтропийных показателей: информационных коэффициентов адекватности η , производственно-технологической воспроизводимости V , логистической воспроизводимости W конструкторских решений в производственно-технологическом и эксплуатационном проектировании.

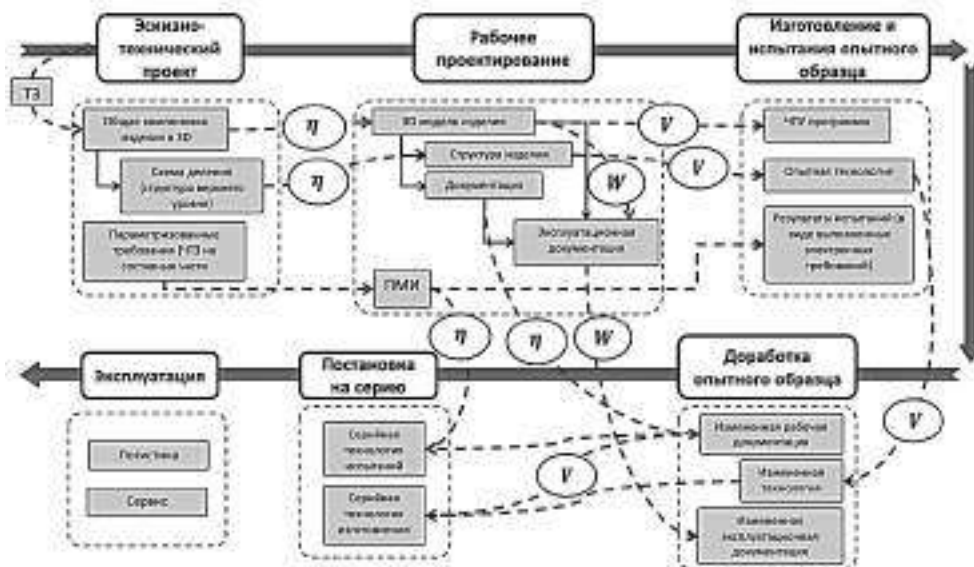


Рис. 3. Схема сетевого графа информационного согласования последовательных этапов жизненного цикла изделия:

ТЗ — техническое задание; ЧПУ — частное техническое задание; ПМИ — предварительные межведомственные испытания; ЧПУ — числовое программное управление; η , V , W — информационные коэффициенты адекватности, производственно-технологической и логистической воспроизводимости)

Оценка и прогнозирование текущих значений коэффициентов η , V , W позволяет провести анализ информационных процессов и оптимизацию информационной согласованности бизнес-процессов разработки, конструкторского и технологического проектирования, планирования и материально-технического обеспечения опытного и серийного производства, интегрированной логистической поддержки ИВН.

При анализе и в процессе оптимизации выстраиваются сквозные отношения разработчика-конструктора, конструкторско-технологические, конструкторско-логистические; определяются точки перехода, передачи информации между соседними этапами, стадиями; оцениваются, прогнозируются информационные коэффициенты.

Сетевой граф отражает целевую направленность потоков проектирования на достижение требований по готовности ИВН, реализуемых на завершающем этапе разработки.

Использование информационных технологий поддержки ЖЦ является одним из ключевых факторов поддержания высокой надежности и готовности к применению ИВН на этапе их эксплуатации.

Реализация процессов анализа логистической поддержки, планирования и управления ТО изделия и мониторинга технического состояния изделия и процессов его эксплуатации позволяет снизить плановые и внеплановые потери суммарного времени готовности ИВН. Повышение готовности изделия при этом характеризуется повышением коэффициента готовности K_g , который в общем случае определяется как вероятность того, что техническая система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение технической системы по назначению не предусматривается [3].

Наряду с изложением теоретических положений обеспечения КЖЦ, необходимо рассматривать практическую направленность управления параметрами готовности ИВН.

Приходится констатировать, что показатели интенсивность перехода из работоспособного состояния в неработоспособное и интенсивность процесса восстановления неравнозначны в плане обеспечения исходной информацией в проектном моделировании логистических характеристик модернизируемой системы оружия. Так, если статистические данные по отказам образцов-прототипов модернизируемого ИВН фиксируются и позволяют при их обобщении оценить T — наработку на отказ, то для определения T_v — среднего времени восстановления статистические данные, как правило, отсутствуют.

Решение задач управления параметрами готовности ИВН в условиях реализации ИЛП и КЖЦ обязывает разрабатывать и использовать «сквозные» технологии, повышающие эффективность принятия конструкторско-технологических, логистических решений на всех этапах жизненного цикла и, тем самым, повышающих адекватность, достоверность, гарантии выполнения требований ТТЗ по всем системным показателям ИВН, что обеспечивает минимизацию рисков.

Использование информационных технологий поддержки ЖЦ является одним из ключевых факторов поддержания высокой надежности и готовности к применению ИВН на этапе их эксплуатации.

Представляется перспективным согласование информационно-системной методологии управления рисками в процессах ЖЦ с актуальностью обеспечения контракта жизненного цикла наукоемких изделий ИВН всесторонней информационной поддержкой.

Литература

- [1] Кондусова В.Б. Исследование модели конструирования стоимости как инструмента управления жизненным циклом изделия. *Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России*, 2018, № 4, с. 65–68.
- [2] Вященко Ю.Л. и др. *Системная инженерия, риски, надежность в разработке и производстве изделий военного назначения*. СПб., Балт. гос. техн. ун-т, 2018.
- [3] Мальцев Г.Н., Склемин Д.В. Анализ готовности сложных технических систем при использовании информационных технологий поддержки жизненного цикла. Информационно управляющие системы. *Моделирование систем и процессов*, 2016, № 3, с. 38–45.

Management of the Readiness Parameters of the Upgraded Self-Propelled Artillery in the Life Cycle Contract

© Afanasyev A.S.	afanasev_as@voenmeh.ru
Vyashchenko Yu.L.	viashchenko_iul@voenmeh.ru
Ivanov K.M.	
Yakovlev S.A.	iakovlev_sa@voenmeh.ru

Baltic State Technical University «Voenmeh» named after D.F. Ustinov,
St. Petersburg, 190005, Russia

The actual task of ensuring readiness, as determining the characteristics of self-propelled artillery, in the life cycle contract by the interaction of the customer and the developer, using the methodology of the information-system approach, is considered.

Keywords: *life cycle contract, readiness, management, modeling, forecasting*

УДК 331

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-008

К вопросу о нормировании труда работников, занятых выполнением работ общехозяйственного и общепроизводственного назначения

© Бабкин Алексей Викторович ¹	babkin.3@mail.ru
Подольский Александр Геннадьевич ²	podolskijag@mail.ru

¹ 204 военное представительство Министерства обороны Российской Федерации, Москва, 119019, Россия

² ФГБУ «46-й Центральный научно-исследовательский институт» Министерства обороны Российской Федерации, Москва, 129327, Россия

Изложена суть методического подхода к определению рациональной численности персонала, занятого выполнением работ общехозяйственного и общепроизводственного назначения при создании продукции военного назначения. Реализация на прак-

тике изложенного подхода будет способствовать повышению эффективности исполнения бюджетных средств и трудовых ресурсов.

Ключевые слова: государственный оборонный заказ, затраты на оплату труда, накладные расходы, система нормирования труда, продукция военного назначения

Существенную роль в обеспечении эффективного расходования бюджетных средств принадлежит системе ценообразования в сфере государственного оборонного заказа (ГОЗ), которая постоянно совершенствуется в направлении стимулирования организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК) к повышению эффективности их экономической деятельности и снижению издержек при создании продукции военного назначения (ПВН) [1–3].

Действующие законодательные и нормативные правовые акты в области экономики ГОЗ устанавливают общие принципы и порядок формирования, размещения и выполнения ГОЗ, а также организационный порядок формирования прогнозных цен на ПВН в интересах разработки ГОЗ и начальной (максимальной) цены государственного контракта, а также полномочия федеральных органов исполнительной власти.

Несмотря на имеющиеся публикации, посвященные развитию ценообразования [4–6], методической составляющей процесса формирования прогнозной цены уделено недостаточное внимание, в особенности, методическому обеспечению определения рациональной численности персонала, занятого выполнением работ общехозяйственного и общепроизводственного назначения при создании ПВН, на основе которой рассчитываются расходы по оплате труда, включаемые в себестоимость.

Большинство экспертов едины во мнении, что в настоящее время одной из основных проблем, решение которой позволило бы сдерживать рост цен на ПВН, является отсутствие подходов и методов определения рациональной численности работников, которые выполняют работы управленческого и финансово-хозяйственного характера. От численности указанной категории работников во многом зависит эффективность расходования финансовых ресурсов. Применение вычислительной техники и цифровизация работ общехозяйственного и общепроизводственного назначения требуют соответствующих перемен в организации труда работников.

Численность работников, выполняющих работы управленческого и финансово-хозяйственного характера, является одними из важнейших показателей, лежащих в основе планирования и учета накладных расходов (общепроизводственных, общехозяйственных), которые, в свою очередь, оказывают значимое влияние на прогнозную цену. В связи с этим актуальным является разработка методического подхода, позволяющего обосновать рациональную численность сотрудников, занятых выполнением указанных работ.

В настоящее время труд ряда категорий исполнителей, выполняющих работы общехозяйственного и общепроизводственного назначения, нормируется на основе нормативов времени — нормативов численности и нормативов

управляемости (обслуживания), которые не позволяют в полной мере раскрыть и использовать человеческий потенциал. Кроме того, указанные подходы из-за трудности их реализации на практике и неравномерности поступления заявок на выполнение работ не позволяют установить точную взаимосвязь численности работников с трудоемкостью работ, определенной на основе норм времени. Говоря об особенностях нормирования труда — головных исполнителях (исполнителях) ГОЗ, следует напомнить положения статьи 132 Трудового кодекса Российской Федерации, в соответствии с которыми: «Заработная плата каждого работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда...». При этом «количество затраченного труда» есть не что иное, как трудоемкость, а трудоемкость и нормы труда находятся в тесной взаимосвязке.

Определение штатной численности персонала непосредственно связано с проблемой нормирования труда. При централизованной системе планирования в разрабатываемые нормы трудовых затрат стремились заложить как можно больше резервов и тем самым обеспечить гарантированное выполнение плана. Не случайно численность работающих в отечественных организациях зачастую в несколько раз превышала численность работающих в аналогичных структурах в западных странах.

Подобная практика имеет место и сегодня, что позволяет многим организациям, особенно монопольно предоставляющим те или иные услуги, закладывать в расчеты при планировании выгодные для себя нормы, ссылаясь на свои специфические условия, что сдерживает рост производительности труда.

В рыночных условиях по сравнению с ситуацией централизованного планирования значение и роль нормирования труда изменились в принципе. Рынок и конкуренция не приемлют любые нормы, складывающиеся в «определенных организационно-технических условиях», а признают только нормы, отражающие общественно необходимые затраты труда. В связи с этим нормирование труда указанной категории исполнителей требует специального подхода, суть которого заключается в следующем. Базой для нормирования является выполняемая работником управленческая функция, которой соответствует определенный состав работ.

По выполняемым функциям работники делятся на три категории: 1) руководители; 2) специалисты; 3) технические исполнители (служащие). Выполняемые ими работы различаются по сложности, требуемому уровню квалификации работников их выполняющих, степени ответственности, удельному весу творческого труда, степени повторяемости элементов работы, неравномерности загрузки в течение рабочего дня.

Указанные аспекты, а также специфика работ, выполняемых в организации, требует от руководителей организации проведения целенаправленной работы в области разработки собственных (местных) норм труда. Совершенствование нормирования труда будет способствовать повышению эффективности расходования бюджетных средств и использования трудовых ресурсов,

а также конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Литература

- [1] Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе».
- [2] Федеральный закон Российской Федерации от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
- [3] Постановление Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2017 г. № 1465 «О государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, а также о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».
- [4] Подольский А.Г., Терехухин А.В. К вопросу об управлении ценообразованием на научно-производственном предприятии при планировании создания научно-технической продукции. *Вооружение и экономика*, 2020, № 2, с. 87–94.
- [5] Подольский А.Г. Лимитная цена — комплексный показатель, характеризующий военно-экономическую ценность продукции. *Военная мысль*, 2020, № 10, с. 110–119.
- [6] Подольский А.Г., Бабкин А.В. Методический подход к формированию прогнозной цены научно-исследовательской работы. *Финансовый бизнес*, 2019, № 1, с. 31–37.

To the Question of Labor Rating of Employees Employed in Performance of Works of General and General Production Purpose

© Babkin A.V.¹
Podolsky A.G.²

babkin.3@mail.ru
podolskijag@mail.ru

¹ 204 Military Representative Office of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, 119019, Russia

² Federal State Budgetary Institution «46th Central Research Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, 129327, Russia

The article describes the essence of the methodological approach to determining the rational number of personnel engaged in the performance of general economic and general industrial work when creating military products. The implementation of the above approach in practice will contribute to improving the efficiency of budget funds and labor resources.

Keywords: state defense order, labor costs, overhead costs, labor rationing system, military products

УДК 338.28

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-009

Структура этапов жизненного цикла сложных высокотехнологичных изделий прецизионного приборостроения

© Болотнов Альберт Сергеевич
Прокудин Владимир Николаевич
Икреников Максим Сергеевич

bolotnovalbert@mail.ru
prokvlad@bmstu.ru
ikrennikov@yandex.ru

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

Неотъемлемой частью систем управления многочисленных мобильных объектов являются инерциальные навигационные системы (ИНС). Они являются автономными устройствами и для своего функционирования, кроме исходных данных о местоположении в заданной системе координат не требуют дополнительного оборудования. В этом смысле ИНС являются полностью помехозащищенными, а их функционирование не демаскирует мобильный объект. Текущие навигационные данные с помощью ИНС определяются непрерывно и в режиме реального времени. Указанные достоинства сделали эти системы основой навигационного оборудования современных мобильных объектов как военного, так и гражданского применения.

Ключевые слова: инерциальные навигационные системы, датчики угловой скорости, лазерные бесплатформенные инерциальные системы, затраты на всех стадиях жизненного цикла разработки

Структура этапов жизненного цикла разных изделий распределяется крайне неравномерно. В зависимости от сложности конструктива и применяемых технологий соотношение стоимости и продолжительности этапов разработки, производства и эксплуатации могут меняться даже не в разы, а на порядки. На примере разработки и производства прецизионных серийных бесплатформенных навигационных систем (БИНС) [1] покажем, какое место в жизненном цикле сложной высокотехнологичной продукции занимают этапы научной и инженерной проработки.

В конце 1980-х годов на одной из приборостроительных кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана образовался небольшой коллектив разработчиков кольцевых лазерных гироскопов (КЛГ) [2], который лег в основу будущего предприятия по разработке и производству прецизионных лазерных бесплатформенных инерциальных систем навигации, базовых элементов и оригинального программного обеспечения к ним. К началу 1990-х годов был выпущен оригинальный лазерный гироскоп, который явился базовым элементом для бортовой инерциальной системы гражданских самолетов ТУ-204 и ИЛ-96-300, а также путеизмерительных вагонов.

Практика работы в области инерциальной навигации показала, что разработка и выпуск оригинальных БИНС затруднительны без собственного производства второго ключевого чувствительного элемента системы — акселерометра. Поэтому в начале 2000-х годов предприятием был разработан и освоен

в серийном производстве кварцевый акселерометр серийного производства. На базе чувствительных элементов собственного производства были разработаны и внедрены в производство БИНС нового поколения. Дальнейшее совершенствование БИНС шло не столько в направлении повышения точности, сколько в направлении дальнейшего увеличения жизненного цикла изделия, улучшения эксплуатационных характеристик и снижения стоимости.

Выпуская серийную продукцию прецизионного класса точности, предприятие за счет собственных средств оснащалось парком необходимого лабораторного и испытательного оборудования для разработки и изготовления чувствительных элементов и изделий на их основе, а также, проведения необходимого комплекса автономных испытаний.

В 2010–2012 гг. предприятием было введено в эксплуатацию порядка 1000 метров производственных площадей помещений чистовой сборки, разработанных по индивидуальному проекту. Это позволило довести уровень годового выпуска разработанных навигационных систем до 50 комплектов в год, на собственной базе проводить НИОКР с полным циклом необходимых испытаний, включая государственные, и осуществлять гарантийное и послегарантийное обслуживание своих изделий. В итоге, производство ключевых элементов, сборка и регулировка всех систем осуществляется собственными силами, что позволяет обеспечить надежность систем в эксплуатации и качество гарантийного обслуживания. Все инерциальные системы разработаны на базе современной интегральной электроники, что повышает их надежность, удобство в обслуживании и эксплуатации.

В настоящее время серийные изделия производства указанного предприятия используются на мобильных объектах 1, 2 и 3 групп применения согласно ГОСТ РВ 20.39.304–1998. Реализация всей специфики жизненного цикла изделия, а конкретно, разработка, освоение, выпуск и сопровождение у заказчика изделия новой техники с обеспечением высокого качества происходит за счет [3]:

- применения автоматизированных способов разработки конструкторской и технологической документации, а также проектирования оснастки на базе САПР;

- применения методов математического моделирования температурных и силовых воздействий при проектировании изделий лазерной техники и точной механики;

- постоянной модернизации номенклатуры применяемых изделий и продуктов программного обеспечения;

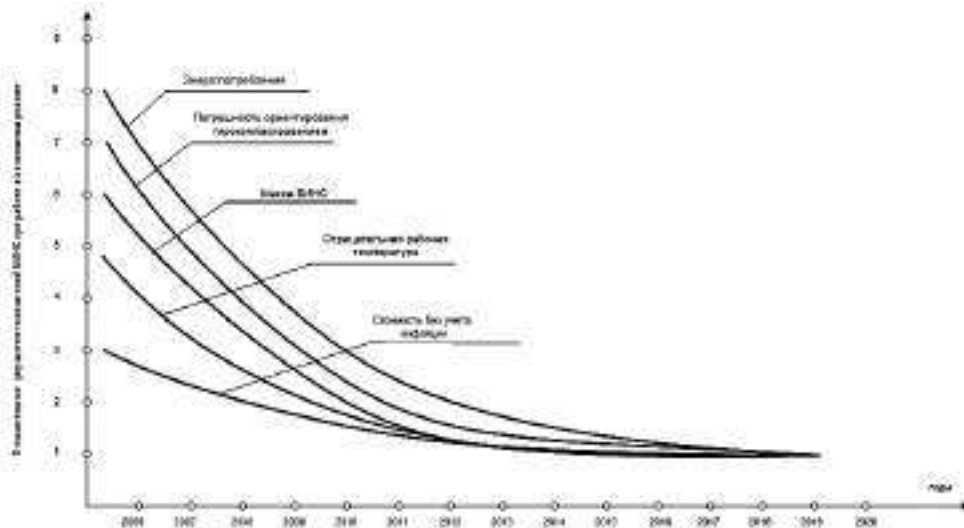
- оригинальной базы данных по хранению информации и отслеживанию изменений в документации по мере ее создания;

- 100 % входного контроля применяемых материалов, в том числе и методами спектрального анализа;

- 100 % ступенчатого выходного контроля наиболее важных оптических деталей (отражатели резонаторов гироскопов, моноблоки, пластины для акселерометров);

- 100 % выходного контроля комплектующих деталей и сборок.

Результаты разработок предприятия за последние 15 лет сведены на одном графике и представлены ниже.



Динамика развития БИНС на лазерных гироскопах и кварцевых акселерометрах

Из графика следует, что с точки зрения единства основных требований по энергопотреблению, времени готовности, массогабаритных показателей, стойкости к внешним воздействиям, стоимостным показателям, а также точностных показателей, актуальна разработка унифицированной аппаратуры БИНС межвидового применения. Такой подход позволит упростить конструкторское и технологическое сопровождение разработки и производства, что в конечном случае позволит увеличить жизненный цикл изделия при меньших экономических затратах.

Рассмотрим среднестатистические соотношения затрат на всех стадиях жизненного цикла разработки унифицированной БИНС. Опираясь на практический опыт, а также на ряд реальных государственных контрактов, будем считать, что существует заказ на 100 систем с поставкой ежегодно по 10 комплектов. Срок эксплуатации в составе объекта составляет 10 лет. Тогда отталкиваясь от условной стоимости системы, которую примем за единицу, сведем стоимостные затраты и время длительности этапов жизненного цикла в табл. 1.

Исходя из требований ГОСТ 15.203–2001, регламентирующего этапы проведения ОКР, затраты по стоимости и длительности каждого из этапов ОКР от общей стоимости распределяются следующим образом (табл. 2).

Таблица 1

№ п/п	Стадия жизненного цикла	Затраты на 1 ед.	Длительность этапа (года)
1	Подготовительный (предконтрактный) период	1	1
2	НИР (с учетом задела)	5–8	2
3	ОКР	8–10	3
4	Стоимость одного изделия	1	0,5
5	Эксплуатация в составе объекта	0,1	10
6	Утилизация	—	—

Таблица 2

№ п/п	Стадия жизненного цикла этапа ОКР	Затраты, %	Длительность этапа (м-ц)
1	Разработка эскизного и технического проекта	5	5
2	Разработка конструкторской документации	5	6
3	Изготовление первого опытного образца, проведение предварительных испытаний, присвоение изделию литеры «О». Корректировка конструкторской документации. Доработка опытного образца	30	7
4	Изготовление второго опытного образца. Проведение межведомственных испытаний. Корректировка конструкторской документации. Доработка опытных образцов	30	7
5	Проведение государственных испытаний	20	8
6	Корректировка конструкторской документации по итогам государственных испытаний для организации серийного производства. Доработка опытных образцов по результатам государственных испытаний	5	2
7	Проведение межведомственной комиссии, присвоение изделию литеры «О1»	5	1

Из таблиц следует, что для высокотехнологичных изделий, каким является лазерная БИНС, научно-исследовательская и опытно-конструкторская проработка изделия по времени соизмерима со сроком службы изделия, то есть составляет примерно половину жизненного цикла изделия. Если считать норматив прибыли 20 %, а именно такой уровень прибыли согласует заказчик, то окупаемость проекта наступает примерно на сотом изделии. Приведенный контракт получается не прибыльным, но и не убыточным. Однако, проведя небольшие доработки, и заключив контракт на поставку разработан-

ного БИНС на аналогичный объект, предприятие не только окупит разработку, но и получит прибыль для дальнейшего развития.

Литература

- [1] Болотнов А.С. Применение лазерного гироскопа в бесплатформенных инерциальных системах. *Политехнический молодежный журнал*, 2019, № 10. URL: <http://ptsj.ru/articles/533/533.pdf> (дата обращения 24.02.2021).
- [2] *Лазерные гироскопы ГЛ-1Д, ГЛ-2Д, ГЛ-18*. URL: <http://www.electrooptika.ru/index.php/produktsiya/bazovye-elementy> (дата обращения 24.02.2021).
- [3] Прокудин В.Н., Манушина А.Е., Уфимцев Е.К. Использование подхода жизненного цикла информационного ракетно-космического комплекса в реализации масштабных проектов перестройки ракетно-космической отрасли. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф.* М., Первое экономическое издательство, 2020, с. 271–276.

Structure of the Life Cycle Stages of Complicated High-Tech Products for Precision Instrumentation

© | Bolotnov A.S.
Prokudin V.N.
Ikrennikov M.S.

bolotnovalbert@mail.ru
prokvlad@bmstu.ru
ikrennikov@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

Inertial navigation systems (INS) are an integral part of the control systems of numerous mobile objects. They are autonomous devices and for their functioning, in addition to the initial position data in a given coordinate system, they do not require additional equipment. In this sense, ANNs are completely anti-jamming, and their functioning does not unmask the mobile object. The current navigation data using the ANN is determined continuously and in real time. These advantages have made these systems the basis of navigation equipment for modern mobile objects for both military and civilian use.

Keywords: *inertial navigation systems, yaw rate sensors, laser strapdown inertial systems, costs at all stages of the development life cycle*

УДК 621:338

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-010

Прогнозирование длительности разработки образцов техники радиоэлектронной борьбы

© Бывших Дмитрий Михайлович
Жуков Александр Михайлович
Зеленская Светлана Геннадьевна

biwshih2013@yandex.ru
juckov.aleksander1241@yandex.ru
zelenskaya8@list.ru

НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА» Научно-исследовательский испытательный институт (радиоэлектронной борьбы) военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, 394064, Россия

Рассмотрены вопросы определения технико-экономических показателей опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию техники радиоэлектронной борьбы. Проведен анализ влияния факторов риска на увеличение длительности ОКР. Показано, что учет влияния факторов риска при оценке длительности разработки образцов техники радиоэлектронной борьбы позволяет значительно повысить точность прогноза на этапе жизненного цикла.

Ключевые слова: *опытно-конструкторская работа, длительность, жизненный цикл, фактор риска, техника радиоэлектронной борьбы*

Вопросам определения временных показателей стадий жизненного цикла (ЖЦ) образцов техники РЭБ, несмотря на важность данной задачи, уделялось относительно немного внимания. Однако эти вопросы являются важными и актуальными, поскольку ошибки при прогнозировании длительности стадий ЖЦ не позволяют оптимизировать эффективность ЖЦ. При этом в значительной мере снижается качество обоснования перспективных планов развития, таких, например, как Государственная программа вооружения (ГПВ) [1], ведут к нерациональному расходованию ресурсов на ЖЦ и развитие техники РЭБ. В представляемой статье рассматривается длительность стадии ОКР. На этой стадии ожидаемые результаты и длительность работ наиболее подвержены влиянию факторов научно-технического риска. Отметим, что если вопросы прогнозирования стоимости ОКР для техники РЭБ проработаны в значительной степени, то прогнозирование длительности ОКР велось, в основном, эвристическими методами. Традиционно длительность ОКР определялась как функция стоимости [2-5], что отвечало требованиям по точности прогноза при программном планировании развития техники РЭБ. Однако на современном этапе развития, в силу качественного повышения технической, конструктивной и технологической сложности образцов, наметилась тенденция значительного роста влияния факторов научно-технического и технологического риска (НТР) [6], что при разработке образцов выражается в значительном увеличении длительности ОКР по отношению к прогнозной.

Традиционно длительность ОКР определялась зависимостью типа [7]

$$T = a \ln C - b, \quad (1)$$

где T — длительность ОКР; C — стоимость ОКР; a, b — константы, определяемые эмпирически. Например, для одного из типов техники длительность ОКР определялась как

$$T = 2 \ln(C - 200) - 5,0, \quad (2)$$

где T — длительность ОКР (лет); C — стоимость ОКР (у.е.).

Преимущество представления длительности ОКР в виде логарифмической функции стоимости доказано большей величиной коэффициента корреляции [8, 9].

Рассмотрим гипотетический пример расчета длительности по (2) (табл. 1). Отметим, что длительность ОКР при практической разработке предложенной в ГПВ округляется до целой величины ($T_i^{\text{прог}}$).

Таблица 1

Прогноз длительности ОКР на основе стоимости работы

Но- мер ОКР i п/п	Стоимость ОКР C_i , у.е.	Прогноз длительности T_i по (2), лет	Предложено в ГПВ $T_i^{\text{прог}}$ (округленное T_i), лет	Фактическая длитель- ность ОКР $T_i^{\text{факт}}$, лет	Невязка $T_i^{\text{факт}} - T_i^{\text{прог}}$, лет	Невязка прогноза $T_i^{\text{факт}} - T_i$, лет
1	394,9	5,55	6	9	3	3,45
2	532,7	6,61	7	11	4	4,39
3	235,0	2,11	2	3	1	0,89
4	282,1	3,82	4	6	2	2,18
5	490,7	6,34	6	10	4	3,66
6	282,1	3,82	4	6	2	2,18
7	880,0	8,04	8	13	5	4,96
8	332,8	4,78	5	11	6	6,22
9	518,5	6,53	7	11	4	4,47
10	532,7	6,61	7	11	4	4,39
11	463,9	6,15	6	12	6	5,85
12	317,1	4,53	5	7	2	2,47
13	394,9	5,55	6	9	3	3,45
14	238,0	2,28	2	3	1	0,72
15	530,0	6,60	7	14	7	7,40
16	240,0	2,38	2	2,5	0,5	0,12
17	990,0	8,34	8	13	5	4,66
18	532,7	6,61	7	11	4	4,39
19	383,1	5,42	5	8	3	2,58
20	394,9	5,55	6	9	3	3,45
21	483,9	6,30	6	11	5	4,70

Продолжение табл. 1

Но- мер ОКР i п/п	Стоимость ОКР C_i , у.е.	Прогноз длительности T_i по (2), лет	Предложено в ГПВ $T_i^{\text{прог}}$ (округленное T_i), лет	Фактическая длитель- ность ОКР $T_i^{\text{факт}}$, лет	Невязка $T_i^{\text{факт}} - T_i^{\text{прог}}$, лет	Невязка прогноза $T_i^{\text{факт}} - T_i$, лет
22	232,3	1,95	2	3	1	1,05
23	282,1	3,82	4	6	2	2,18
24	365,9	5,22	5	6	1	0,78
25	233,8	2,04	2	3	1	0,96
26	238,0	2,28	2	3	1	0,72
27	855,0	7,97	8	13	5	5,03
28	250,0	2,82	3	4	1	1,18
29	332,8	4,78	5	7	2	2,22
30	240,0	2,38	2	2,5	0,5	0,12
31	394,9	5,55	6	9	3	3,45
32	219,7	0,96	1	2	1	1,04
33	394,9	5,55	6	12	6	6,45
34	220,0	0,99	1	2	1	1,01
35	282,1	3,82	4	4,5	0,5	0,68
36	394,9	5,55	6	9	3	3,45
37	383,1	5,42	5	8	3	2,58
38	532,7	6,61	7	11	4	4,39
39	235,0	2,11	2	3	1	0,89
40	394,9	5,55	6	9	3	3,45
41	282,1	3,82	4	6	2	2,18
42	230,2	1,81	2	2,5	0,5	0,69
43	212,0	-0,03	0	1	1	1,03
44	282,1	3,82	4	6	2	2,18
45	317,1	4,53	5	7	2	2,47
46	245,0	2,61	3	4	1	1,39
47	223,9	1,34	1	2	1	0,66
48	282,1	3,82	4	6	2	2,18
49	286,9	3,93	4	6	2	2,07
50	245,0	2,61	3	4	1	1,39
51	261,0	3,22	3	3,5	0,5	0,28
52	249,7	2,81	3	3,5	0,5	0,69
53	282,1	3,82	4	6	2	2,18
54	245,0	2,61	3	4	1	1,39
55	306,8	4,34	4	5	1	0,66
56	233,0	1,99	2	3	1	1,01
57	265,6	3,37	3	3,5	0,5	0,13

Окончание табл. 1

Но- мер ОКР <i>i</i> п/п	Стоимость ОКР C_i , у.е.	Прогноз лительности T_i по (2), лет	Предложено в ГПВ $T_i^{\text{прог}}$ (округленное T_i), лет	Фактическая длитель- ность ОКР $T_i^{\text{факт}}$, лет	Невязка $T_i^{\text{факт}} - T_i^{\text{прог}}$, лет	Невязка прогноза $T_i^{\text{факт}} - T_i$, лет
58	240,9	2,42	2	2,5	0,5	0,08
59	251,0	2,86	3	4	1	1,14
60	234,0	2,05	2	2,5	0,5	0,45
61	255,0	3,01	3	3,5	0,5	0,49
62	233,0	1,99	2	3	1	1,01
63	282,1	3,82	4	4	0	0,18
64	425,4	5,84	6	9	3	3,16
65	228,0	1,67	2	2,5	0,5	0,83
66	282,1	3,82	4	6	2	2,18
67	311,9	4,44	4	4,5	0,5	0,06
68	277,0	3,69	4	4,5	0,5	0,81
69	332,8	4,78	5	14	9	9,22
70	277,0	3,69	4	4	0	0,31
<i>Сумма</i>				444,5	154,5	160,75

В качестве ошибки прогнозирования оценим, например, так называемую «взвешенную абсолютную процентную ошибку» (англ. WAPE — Weighted Absolute Percent Error), которая рассчитывается по формуле [10, 11]:

$$WAPE = \frac{\sum_i^N |T_i^{\text{факт}} - T_i|}{\sum_i^N T_i^{\text{факт}}} \cdot 100 \% = \frac{160,75}{444,5} \cdot 100 \% = 36 \%, \quad (3)$$

где N — число сделанных прогнозов (в данной работе — 70).

Таким образом, хотя ошибка прогнозирования (36 %, для предложенных в ГПВ ОКР — 35 %) и удовлетворяет требованиям по точности прогноза технико-экономических показателей при программном планировании развития техники РЭБ на перспективу до 10 лет (норматив — до 40 %), однако создает реальные трудности при планировании сроков проведения следующих за ОКР серийного производства и поставок этих образцов.

Можно предположить, что с повышением наукоемкости, технической и конструктивной сложности, технологичности образцов повышается значимость факторов НТР, влияние которых на длительность разработки усиливается. В настоящий момент можно условно выделить две основные составляющие: объем разработок, который в основном определяет стоимость и

большую часть длительности ОКР (до 75 %) и сложность разработки, которая проявляется в факторах НТР.

По результатам проведенного экспертного анализа основных выявленных факторов НТР [1–8], их содержания и степени влияния на успешность выполнения ОКР разработаны вербально-цифровые шкалы для определения количественных значений факторов риска для ОКР по разработке техники РЭБ, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Факторы риска

№ п/п	Фактор	Градации	Значение, присваиваемое фактору
1	Новизна работы	По направлению работы создан значительный научно-технический задел	0,00–0,25
		По направлению проведена (проведены) НИОКР, но ожидаемый результат не достигнут	0,26–0,50
		Ранее работы по направлению в РФ не проводились	0,51–0,75
		Нет данных о разработке направления за рубежом	0,76–1,00
2	Требуемый уровень лабораторно-экспериментальной базы	Для проведения НИОКР не требуется специализированной лабораторно-экспериментальной базы, необходимая база имеется у потенциальных исполнителей	0,00–0,33
		Для проведения работ и адекватной оценки ТТХ разрабатываемого образца потребуется закупка измерительной техники и модернизация методик проведения экспериментов базы	0,34–0,66
		Необходимая база в РФ отсутствует. Для проведения работ потребуется создание новой дорогостоящей лабораторно-экспериментальной базы	0,67–1,00
3	Недостатки технологической базы	Проведение НИОКР предполагает использование традиционных технологий, которыми владеют потенциальные разработчики	0,00–0,25
		Технологическая база потенциальных исполнителей потребует доработки, необходимые технологии есть в РФ	0,26–0,50
		Требуется использование передовых технологий мирового уровня. Требуемые технологии в РФ отсутствуют	0,51–0,75
		Нет данных о возможности закупки требуемой технологии за рубежом	0,76–1,00

Продолжение табл. 2

№ п/п	Фактор	Градации	Значение, присваиваемое фактору
4	Специфика работы	Работы по данной тематике проводились потенциальными исполнителями ранее	0,00–0,20
		Работы по данной тематике проводились частью потенциальных исполнителей	0,21–0,40
		В РФ проводились работы по смежной тематике	0,41–0,60
		Работы по тематике проводились лишь за рубежом	0,61–0,80
		Тематика является новой в мировой практике	0,81–1,00
5	Недостатки квалификации	Ранее потенциальными исполнителями проводились работы более высокого научно-технического уровня	0,00–0,25
		Квалификация потенциальных исполнителей соответствует научно-техническому уровню работы	0,26–0,50
		Необходима частичная переподготовка персонала	0,51–0,75
		Необходимо привлечение квалифицированных кадров	0,76–1,00
6	Недостатки материально-технического обеспечения	Потенциальный исполнитель обладает необходимыми материалами и комплектующими	0,00–0,20
		Налажены поставки необходимых материалов и комплектующих	0,21–0,40
		Необходима оценка возможностей и проработка договоров на поставки	0,41–0,60
		Требуемые материалы, элементная база отсутствуют в РФ	0,61–0,80
		Нет сведений о наличии или возможностях приобретения материалов или элементной базы за рубежом	0,81–1,00
7	Недостатки информационного обеспечения	Исполнитель обладает всей необходимой информацией	0,00–0,33
		Исполнитель обладает каналами для получения необходимой информации	0,34–0,66
		Необходимо налаживание каналов получения информации	0,67–1,00
8	Высокий научно-технический уровень результата	Традиционные технические решения, результаты не претендуют на изобретение	0,00–0,25
		Новые технические решения, рационализаторские предложения	0,26–0,50
		Результаты на уровне изобретений	0,51–0,75
		На уровне патентов	0,76–1,00

Окончание табл. 2

№ п/п	Фактор	Градации	Значение, присваиваемое фактору
9	Необходимость экспериментальной проверки	Экспериментальные работы не требуются	0,00–0,25
		Необходима частичная проверка результатов	0,26–0,50
		Необходимо получение большого числа экспериментальных данных	0,51–0,75
		Необходимо проведение испытаний на полигонах	0,76–1,00
10	Уровень сложности объекта	Работы по созданию технических устройств	0,00–0,20
		Работы в интересах создания модулей	0,21–0,40
		Работы в интересах создания средства	0,41–0,60
		Работы в интересах создания комплекса	0,61–0,80
		Работы в интересах создания технической системы	0,81–1,00
11	Глубина научной проработки	Используются известные теоретические положения, подтвержденные практикой	0,00–0,33
		Развитие известных теорий, оценка возможностей применения в новых устройствах	0,34–0,66
		Разработка и проверка новых теоретических положений, построение сложных моделей и реализация их в образцах	0,67–1,00
12	Проблемы кооперации	Работа проводится одним исполнителем	0,00–0,25
		Работа предполагает использование технических подсистем и носителей, разрабатываемых с привлечением только отечественных предприятий	0,26–0,50
		Работа предполагает использование технических подсистем и носителей, разрабатываемых с привлечением большого числа отечественных предприятий	0,51–0,75
		Разработка образца требует кооперации со странами СНГ	0,76–1,00

Для оценки влияния факторов НТР на увеличение длительности работ принята линейная модель:

$$\Delta_{\text{расч}}^D = \Delta_0^D + \sum_{i=1}^{12} w_i f_i, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{расч}}^D$ — расчетное увеличение длительности работы из-за действия факторов НТР; Δ_0^D — некоторая константа; w_i — вес (значимость) i -го фактора; f_i — значение i -го фактора.

Таблица 3

Факторы риска f_i и фактическое превышение плановой длительности ОКР $T_i^{\text{прог}} - \Delta_{\text{факт}}^D$

Но- мер ОКР	Значения факторов (см. табл. 2)												$\Delta_{\text{факт}}^D$, лет	Прогноз $\Delta_{\text{рач}}^D$ по (6), лет	Невязка $\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{рач}}^D$	Про- гноз T_i по (7), лет	Факт- дель- ность $T_i^{\text{факт}}$, лет	Невязка $ T_i^{\text{факт}} - T_i $, лет	Невязка $ T_i^{\text{факт}} - T_i^{\text{прог}} $, (округлен- ное T_i), лет
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
1	0,25	0,2	0,25	0,4	0,25	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2	0,1	0	3	3,19	0,19	8,73	9	0,27	0
2	0,45	0,3	0,35	0,5	0,2	0,1	0,6	0,55	0,4	0,35	0,1	0,2	4	4,28	0,28	10,89	11	0,11	0
3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0	1	1,31	0,31	3,42	3	0,42	0
4	0,2	0,15	0,15	0,25	0,1	0,1	0,3	0,3	0,25	0,15	0,1	0	2	2,11	0,11	5,93	6	0,07	0
5	0,5	0,45	0,35	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,45	0,3	0,1	0,4	4	4,19	0,19	10,53	10	0,53	1
6	0,25	0,2	0,15	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,15	0,1	0,2	2	2,31	0,31	6,12	6	0,12	0
7	0,6	0,5	0,55	0,55	0,2	0,2	0,5	0,6	0,55	0,4	0,2	0,6	5	5,21	0,21	13,25	13	0,25	0
8	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,2	0,5	0,6	0,6	0,8	0,2	0,4	6	6,46	0,46	11,24	11	0,24	0
9	0,5	0,5	0,45	0,55	0,1	0,2	0,5	0,5	0,45	0,3	0,1	0,1	4	4,18	0,18	10,71	11	0,29	0
10	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,25	0,2	0,4	4	4,30	0,3	10,92	11	0,08	0
11	0,55	0,5	0,5	0,55	0,3	0,2	0,55	0,5	0,55	0,7	0,3	0,6	6	5,92	0,08	12,07	12	0,07	0
12	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	2	2,67	0,67	7,20	7	0,20	0
13	0,35	0,3	0,15	0,4	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,1	0,4	3	3,56	0,56	9,10	9	0,10	0
14	0,1	0,2	0,1	0,25	0,1	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,1	0	1	1,54	0,54	3,81	3	0,81	1
15	0,8	0,65	0,55	0,55	0,5	0,6	0,65	0,5	0,6	0,75	0,3	0	7	7,03	0,03	13,63	14	0,37	0
16	0	0,05	0,05	0,1	0,05	0	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0,5	0,34	0,16	2,71	2,5	0,21	0,5
17	0,55	0,5	0,4	0,55	0,25	0,2	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2	0,4	5	5,33	0,33	13,68	13	0,68	1
18	0,4	0,4	0,25	0,45	0,1	0,2	0,5	0,5	0,45	0,6	0,1	0,4	4	4,35	0,35	10,97	11	0,03	0
19	0,25	0,2	0,2	0,25	0,1	0,3	0,35	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4	3	2,95	0,05	8,37	8	0,37	0
20	0,3	2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0	3	3,32	0,32	8,87	9	0,13	0

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	0,5	0,5	0,4	0,45	0,35	0,55	0,5	0,6	0,5	0,4	0,2	0	5	5,19	0,19	11,49	11	0,49	0
22	0,05	0,15	0,1	0,15	0,1	0,1	0	0,1	0	0,2	0,1	0	1	1,10	0,1	3,05	3	0,05	0
23	0,05	0	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,25	0	0,15	0,15	0	2	1,27	0,73	5,08	6	0,92	1
24	0,05	0	0,1	0,05	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0	1	0,87	0,13	6,10	6	0,10	0
25	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,1	0	0,1	0,05	0,15	0,15	0	1	0,99	0,01	3,03	3	0,03	0
26	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,15	0	1	1,01	0,01	3,28	3	0,28	0
27	0,3	0,5	0,25	0,35	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	5	4,87	0,13	12,84	13	0,16	0
28	0,05	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	1	1,22	0,22	4,05	4	0,05	0
29	0,05	0,2	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,2	0,1	2	1,42	0,58	6,20	7	0,80	1
30	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,05	0,1	0	0,5	0,65	0,15	3,02	2,5	0,52	0,5
31	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1	3	3,50	0,5	9,05	9	0,05	0
32	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,2	0,1	1	1,94	0,94	2,91	2	0,91	1
33	0,7	0,2	0,45	0,55	0,2	0,4	0,6	0,5	0,55	0,55	0,6	0,2	6	6,15	0,15	11,69	12	0,31	0
34	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0	1	1,59	0,59	2,58	2	0,58	1
35	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0,05	0,1	0	0,05	0,05	0,2	0,5	0,46	0,04	4,27	4,5	0,23	0,5
36	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	3	3,34	0,34	8,89	9	0,11	0
37	0,3	0,2	0,25	0,3	0,1	0,1	0,3	0,35	0,3	0,3	0,4	0	3	3,22	0,22	8,64	8	0,64	1
38	0,4	0,35	0,35	0,4	0,1	0,1	0,35	0,45	0,35	0,25	0,4	0	4	3,71	0,29	10,32	11	0,68	1
39	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,2	0	1	1,26	0,26	3,37	3	0,37	0
40	0,3	0,2	0,35	0,3	0,1	0,1	0,3	0,35	0,3	0,3	0,4	0	3	3,29	0,29	8,84	9	0,16	0
41	0,2	0,2	0,25	0,3	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,4	0,2	2	2,47	0,47	6,29	6	0,29	0
42	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,05	0	0,05	0,1	0	0,5	0,52	0,02	2,33	2,5	0,17	0,5
43	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,1	0	1	0,95	0,05	0,92	1	0,08	0
44	0,2	0,15	0,2	0,15	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,3	0,5	0	2	2,54	0,54	6,36	6	0,36	0
45	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,1	0,6	2	1,94	0,06	6,46	7	0,54	1
46	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0	1	1,11	0,11	3,73	4	0,27	0
47	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	1	1,16	0,16	2,51	2	0,51	1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
48	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,1	0,2	2	1,66	0,34	5,47	6	0,53	1
49	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	2	1,75	0,25	5,68	6	0,32	0
50	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	1	1,15	0,15	3,77	4	0,23	0
51	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0,5	0,38	0,12	3,60	3,5	0,10	0,5
52	0,1	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0,5	0,35	0,15	3,16	3,5	0,34	0,5
53	0,2	0,2	0,2	0,25	0,1	0,1	0,1	0,15	0,25	0	0	0,1	0,1	2	1,59	0,41	5,40	6	0,60	1
54	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0	0,1	0	1	0,95	0,05	3,56	4	0,44	0
55	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0	1	0,93	0,07	5,27	5	0,27	0
56	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0	0,1	0	1	1,09	0,09	3,09	3	0,09	0
57	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0	0,5	0,41	0,09	3,77	3,5	0,27	0,5
58	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0,3	0,5	0,52	0,02	2,94	2,5	0,44	0,5
59	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0	1	1,19	0,19	4,05	4	0,05	0
60	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0,2	0,5	0,37	0,13	2,42	2,5	0,08	0,5
61	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,5	0,11	0,39	3,13	3,5	0,37	0,5
62	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	1	1,04	0,04	3,04	3	0,04	0
63	0	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,08	0,08	3,74	4	0,26	0
64	0,2	0,3	0,25	0,35	0,3	0,3	0,1	0	0,2	0,25	0,35	0,3	0,2	3	2,93	0,07	8,77	9	0,23	0
65	0,1	0	0	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0	0	0	0,1	0	0,5	0,52	0,02	2,19	2,5	0,31	0,5
66	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,2	0,15	0,2	0,2	0,1	0,1	2	1,77	0,23	5,59	6	0,41	0
67	0,05	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0	0,5	0,49	0,01	4,93	4,5	0,43	0,5
68	0,05	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0,5	0,44	0,06	4,13	4,5	0,37	0,5
69	0,9	0,65	0,75	0,75	0,5	0,6	0,75	0,85	0,85	0,85	0,95	0,3	0,6	9	8,76	0,24	13,54	14	0,46	0
70	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0,13	0,13	3,82	4	0,18	0
Сумма														—	—	—	—	444,5	21,8	19,5

* Определяется как невязка прогноза $T_i^{\text{факт}} - T_i^{\text{прог}}$, лет (см. табл. 1).

Исходные данные для построения регрессии, количественно характеризующей увеличение длительности НИОКР по созданию новых образцов техники РЭБ в зависимости от представленных в табл. 2 факторов НТР, приведены в табл. 3.

Применяя метод наименьших квадратов (МНК) для линейной зависимости [12], определяем значения коэффициентов регрессии

$$w = (F^T F)^{-1} F^T \Delta, \quad (5)$$

где w — вектор-столбец коэффициентов регрессии (веса факторов); F — матрица реализаций факторов f_i ; Δ — вектор-столбец реализаций $\Delta_{\text{факт}}^D$.

Рассчитанные с использованием МНК параметры регрессии приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры регрессии

Фактор	Коэффициент (вес фактора w_i , лет)
Новизна работы	1,021
Требуемый уровень лабораторно-экспериментальной базы	0,19
Недостатки технологической базы	1,355
Специфика работы	0,619
Недостатки квалификации	1,38
Недостатки материально-технического обеспечения	1,8
Недостатки информационного обеспечения	1,055
Высокий научно-технический уровень результата	1,655
Необходимость экспериментальной проверки	0,339
Уровень сложности объекта	1,454
Глубина научной проработки	1,29
Проблемы кооперации	0,478
Константа Δ_0^D (лет)	-0,151

С учетом рассчитанных параметров выражение (4) примет вид:

$$\Delta_{\text{расч}}^D = -0,151 + 1,021f_1 + 0,190f_2 + 1,355f_3 + 0,619f_4 + 1,380f_5 + 1,800f_6 + 1,055f_7 + 1,655f_8 + 0,339f_9 + 1,454f_{10} + 1,290f_{11} + 0,478f_{12}. \quad (6)$$

Длительность ОКР (2) с учетом рисков (6) запишем в виде

$$T = 2 \ln(C - 200) - 5,151 + 1,021f_1 + 0,190f_2 + 1,355f_3 + 0,619f_4 + 1,380f_5 + 1,800f_6 + 1,055f_7 + 1,655f_8 + 0,339f_9 + 1,454f_{10} + 1,290f_{11} + 0,478f_{12}. \quad (7)$$

Ошибка прогнозирования по формуле (7) в соответствии с (3) составит

$$WAPE = \frac{21,8}{444,5} \cdot 100 \% = 5 \% . \quad (8)$$

Точность прогнозирования целесообразно оценивать по различным показателям [10, 11], поэтому для сравнения точности прогнозирования длительности ОКР без учета рисков (3) и с учетом рисков (8) были рассчитаны показатели, приведенные в табл. 5.

Таблица 4

Сравнение точности прогнозирования по модели (3) и модели (8)

Обозначение показателя	Наименование	Формула	Значение показателя	
			Модель без учета риска (3)	Модель с учетом риска (8)
WAPE	Взвешенная абсолютная процентная ошибка	$\frac{\sum_{i=1}^N T_i^{\text{факт}} - T_i }{\sum_{i=1}^N T_i^{\text{факт}}} \cdot 100 \%$	36 %	5 %
MAPE	Средняя абсолютная ошибка	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ T_i^{\text{факт}} - T_i }{T_i^{\text{факт}}}$	0,33	0,07
RMSE	Среднеквадратичная ошибка	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_i^{\text{факт}} - T_i)^2}$	3,02	0,38

Таким образом, показано, что учет влияния факторов риска при прогнозировании длительности разработки образцов техники РЭБ позволяет значительно повысить точность прогноза. При этом учет влияния НТР на стадии ОКР облегчает планирование серийных поставок техники РЭБ в войска и позволит обеспечить достоверными сведениями предприятия-изготовители техники РЭБ о возможной загрузке ОПК заказами, что повысит устойчивость их производственных планов.

Литература

- [1] Рахманов А.А., Буренок В.М., Мельников И.Д. Государственная программа вооружения: этапы и принципы формирования. *Военная мысль*, 2000, № 2, с. 17–21.
- [2] Бывших Д.М., Зеленская С.Г., Суворцев С.В. Прогнозирование стоимости средств испытаний. *Энергия — XXI век*, 2018, № 2, с. 113–119.

- [3] Аносов Р.С., Строкова Т.М., Гарашук Е.А. Методика оценки прогнозируемых затрат на НИР по разработке образцов радиоэлектронной техники военного назначения, не имеющих аналогов. *Вооружение и экономика*, 2013, № 1, с. 61–70.
- [4] Аносов Р.С., Строкова Т.М., Гарашук Е.А. Методика оценки прогнозируемых затрат на ОКР по разработке образцов радиоэлектронной техники военного назначения, не имеющих аналогов. *Вооружение и экономика*, 2016, № 1, с. 74–79.
- [5] Аносов Р.С., Бывших Д.М., Зеленская С.Г. Прогнозирование стоимости средств измерений. *Радиопромышленность*, 2018, т. 28, № 4, с. 76–84.
- [6] Боев А.С. и др. Анализ рисков при подготовке научно-технического и технологического задела инноваций. *РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция*, 2013, № 3, с. 214–221.
- [7] Аносов Р.С. и др. *Прогнозирование технико-экономических показателей образцов техники радиоэлектронной борьбы*. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018.
- [8] Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. *Теория случайных процессов и ее инженерные приложения*. М., Наука, 1991.
- [9] Гарашук Е.А., Зеленская С.Г., Перцев Ю.А. Оценка технико-экономических показателей радиоэлектронной техники на начальных стадиях жизненного цикла. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологической продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф.* М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, с. 35–39.
- [10] Armstrong J., Collopy F. Error measures for generalizing about forecasting methods empirical comparisons. *International Journal of Forecasting*, 1992, no. 8, pp. 69–80.
- [11] *Ошибка прогнозирования: виды, формулы, примеры*. URL: <https://shtem.ru/ошибка-прогнозирования-формула/> (дата обращения 20.03.2021).
- [12] Айвазян С.А., ред. *Прикладная статистика: Исследование зависимостей*. М., Финансы и статистика, 1985.

Forecasting the Duration of Development Samples of Electronic Warfare Equipment

© | Biwshikh D.M.
Zhukov A.M.
Zelenskaya S.G.

biwshih2013@yandex.ru
juckov.alexander1241@yandex.ru
zelenskaya8@list.ru

Scientific Research Testing Institute (radio-electronic warfare) of the Military Education and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, 394064, Russia

The article deals with the issues of determining the technical and economic indicators of experimental design work (R & D) for the creation of electronic warfare equipment. The analysis of the influence of risk factors on the duration of OCD was carried out. It is shown that taking into account the influence of risk factors when assessing the duration of development of electronic warfare equipment samples can significantly improve the accuracy of the forecast at the stage of the life cycle.

Keywords: development work, duration, life cycle, risk factor, electronic warfare technology

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-011

Маркетинговая деятельность в системе управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции

© | Бышовец Алиса Денисовна

alice_bysh@rocketmail.com

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

Актуальность темы работы обусловлена повышенной сложностью, длительностью процесса производства и высокими затратами на реализацию высокотехнологичной продукции, в том числе машиностроительной и специальной техники. Маркетинг является неотъемлемой частью системы управления жизненным циклом, а вся деятельность, подвластная данному подразделению инициирует и определяет успех реализации и эксплуатации объектов и изделий в определенном сегменте рынка.

Ключевые слова: системы управления, маркетинг, жизненный цикл продукции, маркетинговая деятельность

Внедрение систем управления полным жизненным циклом (ЖЦ) высокотехнологичной продукции является обязательным условием при проектировании как военной, специальной техники, так и машиностроения. Централизация упомянутых выше систем управления обеспечит в дальнейшем бесперебойную эксплуатацию и утилизацию. Управление ЖЦ реализуется и контролируется федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации, а также органами осуществляются программы в сфере развития вооружений специальной техники и понижения стоимости полного ЖЦ. Исполнение этих программ и планов регулируется указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса».

В основе формирования ЖЦ лежат четыре фактора [1, 2]:

1) в течение своей жизни система развивается, проходя через определенные стадии;

2) на каждой стадии ЖЦ должны быть доступны подходящие системы обеспечения, только в этом случае могут быть достигнуты результаты, запланированные для этой стадии;

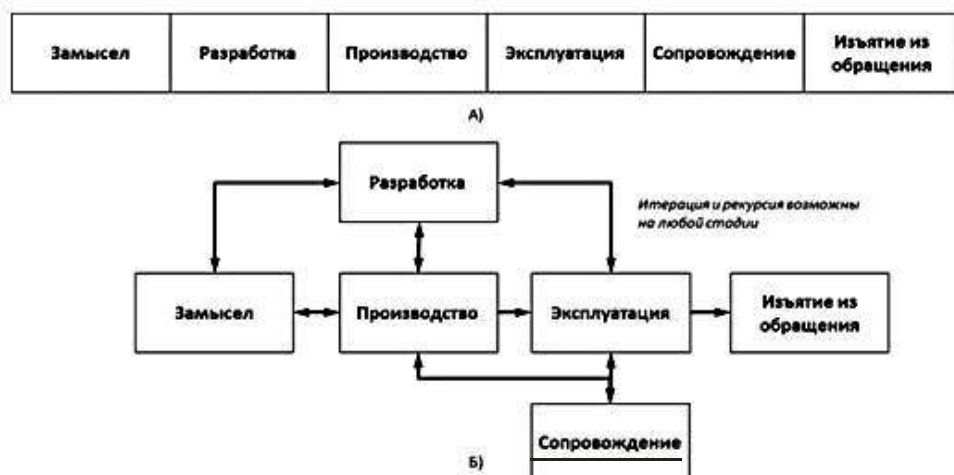
3) на определенных стадиях ЖЦ такие атрибуты, как технологичность, удобство использования, пригодность к обслуживанию и возможность удаления отходов, должны быть специфицированы и практически реализованы;

4) переход к следующей стадии возможен только при условии полного достижения результатов, запланированных для текущей стадии.

Обязательно учитывать тот факт, что в полном ЖЦ высокотехнологичной продукции в машиностроении всегда есть стандартные или типовые ста-

дии, которые включают в себя предметные характеристики и преследуют конкретные цели в рамках этого этапа, поэтому при реализации и планировании управления ЖЦ каждый из этапов рассматривается и учитывается раздельно.

Опираясь на общепринятую практику, для наглядного описания ЖЦ, как в машиностроении, так и в военной и специальной технике, используют модели с последовательным прохождением этапов, а также с итерационным и рекурсивным (см. рисунок). В машиностроении и крупных проектах принята (и наиболее успешна) линейная модель прохождения стадий ЖЦ.



Модели ЖЦ:

a — линейная; *б* — итерационная и рекурсивная

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам открытых источников

Вся продукция, которая создается и изготавливается людьми с целью удовлетворения потребностей рассматриваются как системы. В число этих объектов входят и машиностроительные изделия (например, среднее машиностроение), такие как автомобили, тракторостроение, бытовые приборы, технологическое оборудование и др.

При представлении сложных инженерных объектов выделяют следующие аспекты: установка границ, описывающих потребности и практические решения; иерархия физической структуры проектируемого объекта; элемент этой иерархии и ее структуры рассматривается отдельно; синергия системы; люди расцениваются как внешние пользователи системы; продукция, сложные инженерные объекты рассматриваются как в качестве изолированного объекта, так и в качестве функциональных возможностей.

Американский экономист Ф. Котлер дает маркетингу следующее определение: «Маркетинг — вид человеческой деятельности, направленной на удовлетворение нужд и потребностей посредством обмена» [3]. Также экономист

описывает основные четыре функции маркетинга: аналитическая функция; продуктово-производственная функция; сбытовая функция; функция управления, коммуникаций и контроля.

На каждом этапе создания изделия, касаемо сферы машиностроения, военной и специальной техники, соответствуют свои отдельные особенности, в зависимости от самого объекта. В моментах перехода от одной стадии ЖЦ к другой могут меняться технологии или отдельные процессы, обновляются системы, также может реорганизовываться управленческая структура, не исключается вероятность наступления кризиса изготавливающего производства (компании).

Система маркетинга производства (компании, фирмы), содержащая множество аспектов, включающих в себя: сегментирование рынка, выбор целевых сегментов, анализ издержек при производстве сложных инженерных объектов, планирование сбыта и установления каналов сбыта, маркетинговые исследование рынка и др., обуславливает характеристику составляющих комплекса маркетинга на разных этапах ЖЦ инженерных и других машиностроительных изделий (см. таблицу) [4].

Характеристика составляющих комплекса маркетинга на разных этапах ЖЦ

Этап ЖЦ	Характеристика
Замысел	Неопределенность развития технологии; невысокая скорость распространения; высокий уровень конкуренции. (Исключение: передовые инновации при отсутствии конкурентов)
Разработка	Информационная диффузия; формирование, расширение каналов сбыта; повышение уровня доступности; быстрое формирование первичного спроса для сокращения стадии внедрения; направленность маркетинговой стратегии на обучение потребителей, увеличение охвата для увеличения емкости рынка
Производство	Производство единственной и основной версии товара; система эксклюзивного сбыта; информативная коммуникационная программа
Эксплуатация	Усовершенствование производимой продукции, добавление функций; интенсивный сбыт; снижение цен; коммуникативная деятельность
Сопровождение	Сохранение и (или) расширение доли рынка; создание устойчивого конкурентного преимущества; дифференциация продукции; проникновение на новые сегменты рынка или открытие новых ниш; инструментария маркетинга, не связанного с товаром, для формирования конкурентного преимущества
Утилизация	Уход с рынка и формирование прорывных инноваций; ограничение ассортимента, высокая селекция сбыта; повышение цен; коммуникативная деятельность с лояльными потребителями

Опираясь на табличные данные, можно увидеть необходимость маркетинговой деятельности на каждом этапе ЖЦ высокотехнологичной продукции. Творческая управленческая деятельность, в том числе и маркетинговые исследования, являются неотъемлемой частью производства и экономики производства во всех сферах и нишах рынка, тем более, что касается инженерных объектов и их составляющих, так как они требуют наиболее детальных и проработанных действий и исследований ввиду сложности, большой длительности процесса производства и высоких затрат на него и внедрения продукции и товаров сложной инженерии.

Литература

- [1] ISO/IEC TR 24774: 2010 *Systems and software engineering — Life cycle management — Guidelines for process description*. URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=53815 (дата обращения 18.03.2021).
- [2] ISO/IEC TR 24748-1:2010 *Systems and software engineering — Life cycle management — Part 1: Guide for life cycle management*. URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50502 (дата обращения 18.03.2021).
- [3] Котлер Ф. *Основы маркетинга*. М., ИД «Вильямс», 2018.
- [4] Подсорин В.А., Харитонов А.В. *Экономические методы управления жизненным циклом производственных и социальных систем*. М., МГУПС (МИИТ), 2016.

Marketing Activities in the Full Life Cycle Management System of High-Tech Products

© | Byshovets A.D.

alice_bysh@rocketmail.com

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The relevance of the topic is chosen due to the increased complexity, duration of the manufacturing process and high of high-tech products, including engineering and special equipment. Marketing is an important part of the life cycle management system, and all activities subject to this division initiates and determines the success of the future sale and operation of products in a particular market niche.

Keywords: *management system, marketing, product life cycle, marketing activities*

УДК 334.02

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-012

Экономические проблемы диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса в Российской Федерации

© | **Винокурова Анна Сергеевна**
Иванова Ирина Анатольевна

anna.banana14@mail.ru
master-of-system@mail.ru

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

Работа направлена на изучение экономических проблем оборонно-промышленного комплекса, связанных со спецификой деятельности, которые изначально устанавливаются требованиями и интересами государства. Оценка текущей ситуации оборонной промышленности указывает на то, что потенциал, как технологический, так и знания персонала, с одной стороны, можно и необходимо использовать для производства продукции не только как для военного, но также и для гражданского назначения.

Ключевые слова: стратегия диверсификации производства, проектный подход, военно-промышленный комплекс

Результаты исследований показывают, что список решений, которые отвечают определенным требованиям, относительно невелик. Общий подход состоит в том, чтобы признать, что при уменьшении государственно оборонных заказов (ГОЗ), с условием их сохранения и развития, значение государственной поддержки оборонных предприятий не уменьшается. Однако в случае любого отдельного предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК), созданная система различных управленческих компетенций, планирования и контроля, а также специальные инструменты для анализа и оценки результатов диверсификации имеет особое значение. Так называемый синектический подход к решению задач диверсификации производства, который иллюстрируется положительным опытом одного из ведущих оборонных предприятий.

Предприятия ОПК имеют блок обязательных расходов, покрытие которых влияет на ценовую структуру готовой продукции, при этом такие расходы распределяются согласно учетной политике предприятий, они также имеют отношение к продукции оборонного назначения и к гражданским товарам [1]. В частности, в авиастроении отметили необходимость сохранения технологической независимости всех наборов компонентов, несмотря на неизбежность чрезмерных затрат.

Характеристика условий деятельности предприятий ОПК свидетельствует о том, что рынок ГОЗ представляет собой типичную монополию, в которой заказчик имеет право и возможность не только диктовать свои правила и условия, но и контролировать их соблюдение с участием органов исполнительной власти. Однако специфика ситуации как раз в невозможности полно-

ценной реализации данных мер. Помимо сокращения ГОЗ, ряд предприятий ОПК столкнется с острой необходимостью поиска других способов получения выручки в необходимом объеме, прежде всего для покрытия значительного объема постоянных затрат.

Рынок ОПК строго ограничен государственной программой вооружений и бюджетным финансированием. Иными словами, заказчик по ряду объективных причин не может и не имеет права предоставлять предприятиям ОПК неограниченные ресурсы. Анализ ситуации показывает, что у предприятий ОПК есть несколько вариантов получения дополнительной выручки вне ГОЗ: поставки по линии военно-технического сотрудничества; поставки продукции гражданского назначения (в основном гос. корпорациям); поставки гражданской продукции на экспорт. Таким образом, возникает ситуация, когда государство ставит задачу компенсации определенных затрат ОПК за счет эффективного сбыта продукции гражданского назначения на непрофильных объектах с высоким уровнем накладных расходов, но по низким рыночным ценам. При этом государство остается монопольным заказчиком оборонной продукции, контролируя даже военно-техническое сотрудничество [2].

Правительство Российской Федерации (фактический владелец) обеспечивает высокую маржу военных поставок. На первый взгляд, этой разницы должно хватить для покрытия чистой прибыли, для обеспечения своевременных поставок, включая поддержку мобилизационных мощностей и обеспечение требований режима. В связи с тем, что реализация социально значимых проектов находится в компетенции государства, похоже, что оно должно быть генеральным заказчиком такой продукции. По сути, решение проблемы сохранения ОПК сводится к покрытию его искусственных (нерыночных) специфических затрат, что возможно за счет изменения. Более того, закупка должна осуществляться на тех же условиях, что и от продукта оборонного назначения к продукту гражданского назначения, а не на основе принципов размещения заказов на конкурсной основе. Фактически речь идет о конверсии ГОЗ. Поэтому в распоряжении предприятий ОПК есть два разных метода, каждый из которых характеризует особый подход к управлению развитием производства, может работать и обеспечивать получение значимых результатов, но только при строго определенных условиях [3]. При этом представляется, что уровень сложности экономических проблем ОПК таков, что их решение больше заключается в интеграции вышеперечисленных подходов.

Речь идет не о замене военного направления на гражданское, а об усилении гражданских направлений с целью сохранения и обеспечения развития военных направлений без потери валовой выручки предприятий ОПК. Необходимо интегрировать методы управления с использованием синектического подхода на стыке наиболее прогрессивных и устоявшихся практик управления с точки зрения как диверсификации, так и конверсии.

Реализация синектического подхода предполагает использование различных управленческих компетенций, планирования и методы контроля,

и специальные инструменты для анализа и оценки результатов реализованных решений в организованном комплексе.

В рамках программно-целевой системы управления обеспечивается согласование и согласование планов развития производства гражданской продукции, организуется сбалансированное развитие конкретных направлений бизнеса, контроль соблюдения сроков и движения ресурсов, в том числе финансовых.

Управление проектами гибко и эффективно реализует инновационные проекты, позволяет ускорить их разработку и доведение до организации серийного производства [4]. Стабильно высокая эффективность проекта управления достигается за счет использования бюджетного финансирования.

Стратегическое управление развития отдельных направлений бизнеса, даже в условиях бюджетных ограничений, позволило трансформировать бизнес-модель в сторону приближения производства к потребителю за счет организации как товарного предложения, так и сервисной поддержки.

Результаты деятельности ОПК, продемонстрированные мировому сообществу, свидетельствуют о том, что научно-технический потенциал России находится на достаточно высоком уровне. И в то же время для него характерен ряд передовых конкурентоспособных технологий, превышающих мировой уровень. Поэтому представляется вполне логичным решение высших государственных органов, которые ставят задачу поэтапного перехода к использованию технологий двойного назначения для создания потенциала производства высокотехнологичной продукции гражданского назначения. В то же время создание предпосылок для обеспечения стабильного функционирования ОПК в условиях развития диверсифицированных конкурентоспособных гражданских производств, не субсидируемых государством [5]. Военный заказ сталкивается с необходимостью преодоления противоречий, вытекающих из специфических реалий организации хозяйственно-хозяйственной деятельности предприятий ОПК.

Литература

- [1] Грант Р. *Современный стратегический анализ*. СПб., Питер, 2008.
- [2] Дубровский В.Ж., Бурак А.А. *Методическое обеспечение разработки и реализации планов диверсификации оборонных предприятий. Устойчивое развитие промышленного предприятия в условиях неоиндустриальной трансформации*. Екатеринбург, Изд-во УрГЭУ, 2017, с. 115–142.
- [3] Чемезов С.В. и др. Диверсификация, компетенции, проблемы и цели. *Новые возможности. Инновации*, 2017, № 4, с. 3–26.
- [4] Клочков В.В., Крицкая С.С. Прогнозирование воздействия экономических санкций на развитие авиапрома России. *Проблемы прогнозирования*, 2017, № 6, с. 58–68.
- [5] Широков А.А. Возможности ускорения экономического роста в среднесрочной перспективе. *Труды ВЭО России*, 2017, № 2, с. 73–77.

Economic Problems of Diversification of Enterprises of the Military-Industrial Complex in the Russian Federation

© Vinokurova A.S.
Ivanova I.A.

anna.banana14@mail.ru
master-of-system@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article is aimed at studying the economic problems of the military-industrial complex associated with the specifics of activities, which are initially established by the requirements and interests of the state. An assessment of the current situation in the defense industry indicates that the potential, both technological and personnel knowledge, on the one hand, can and should be used for the production of products not only for military, but also for civilian purposes.

Keywords: production diversification strategy, project approach, military-industrial complex

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-013

Непрерывная модернизация высокотехнологичной продукции в течение жизненного цикла — ответ на растущие вызовы ускорения устаревания изделий, их системных компонентов и усиления технического, технологического противостояния и конкуренции

© Ганус Юрий Александрович
Старожук Евгений Андреевич

ganus@bmstu.ru
estarc@bmstu.ru

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

Непрерывная модернизация высокотехнологичных платформ на протяжении всего жизненного цикла является ответом на растущие вызовы ускоренного устаревания продуктов и их компонентов и усиления технического и технологического противодействия конкуренции. Понимая неизбежность морального устаревания, необходимо действовать в ожидании морального износа и создавать будущее, создавать перспективные решения не только путем создания совершенно новых продуктов, но и путем внедрения новых решений при модернизации существующих. Методология прогнозирования морального износа в сфере высокотехнологичных решений должна стать инструментом модернизации.

Ключевые слова: модернизация, жизненный цикл, устаревание

Предпосылки непрерывной модернизации наукоемких решений. Человечество подходит к новой реальности цивилизационного развития, когда радость от современных достижений быстро сменяется разочарованием от

устаревания этих, казалось бы, безвременных решений. Научно-технический задел, созданный поколениями выдающихся ученых, растворяется в этой технологической гонке. И работа выдающегося футуролога Элвина Тоффлера «Шок будущего» [1], написанная более 50 лет назад, давно стала реальностью.

Сегодня конкурентоспособность и превосходство должны обеспечиваться ключевыми компетенциями в области непрерывной модернизации, направленной на создание качественно новых наукоемких решений, на поддержание должного уровня требований к высокотехнологичным изделиям, должному уровню их готовности, экономической эффективности, причем не только требований к экономической эффективности эксплуатации высокотехнологичных изделий, но и к экономической эффективности их модернизации, с учетом длинной дистанции жизненных циклов изделий. Модернизация высокотехнологичных изделий без должного модернизационного задела превращается в испытание для головного исполнителя, сопоставимое по затратам ресурсов со строительством нового изделия.

Мы переходим в новую эпоху непрерывного технологического совершенства, когда технологическая гонка, разрушающая одно научное достижение за другим, может сделать неприемлемой неконкурентную технологическую динамику, не позволяющую национальной экономике поддерживать этот научно-технологический темп на длинной дистанции.

Одним из важных подходов в направлении развития и поддержания технологического совершенства является непрерывная модернизация, направленная на упреждение устаревания высокотехнологичных решений. При этом природа роста динамики устаревания объясняется технологической гонкой, направленной на достижение совершенства и превосходства, темп которой из года в год только наращивается.

Методология прогнозирования устаревания в области высокотехнологичных решений. Несмотря на некоторые противоречия, вызывает интерес методология прогнозирования устаревания, представленная Бьерном Бартенсом и соавторами в своей работе о стратегиях управления устареванием продукции [2], выполненной на основании исследований Центра передовых технологий жизненного цикла (CALCE), в Центре электронных продуктов и систем (EPSC)¹.

Эта методология, по мнению Бартелса, состоит из шести этапов. На первом этапе необходимо определить системные компоненты изделия, составляющие части, детали и технологические группы, подверженные устареванию и установить общий класс функциональности внутри изделия. Их идентификация требует критического отношения, так как основной причиной

¹ Центр CALCE Парк Колледжа Университета Мэриленда признан основателем и движущей силой разработки и внедрения подходов к надежности, основанных на физике отказов (PoF), а также мировым лидером в области ускоренных испытаний, выбора электронных компонентов и управления ими, а также управления цепочками поставок.

устаревания высокотехнологичных изделий, являющихся сложными многоуровневыми платформами, может стать устаревание одной отдельной системной компоненты платформы на любом ее системном уровне.

Проведенный Бартелсом анализ продемонстрировал пример устаревания гидролокатора, как критически значимой системной составляющей изделия, где 70 % готовых компонентов гидролокатора уже устарели еще до ввода изделия в эксплуатацию.

Для демонстрации методики Бартелс в качестве примера выбрал сложную технологическую группу таких значимых системных составляющих, как «память», оказывающих критическое влияние на параметры производительности и устаревания любого высокотехнологичного изделия, которая объединила все компоненты памяти, включая DRAM, Flash, EEPROM и др. внутри изделия. Работа по остальным системным компонентам, более простым, по мнению авторов, идет таким же образом.

После установления реестра всех подверженных устареванию системных компонентов, составляющих изделие, проводится систематизация одних и тех же технологических характеристик. Например, группа может систематизироваться по размеру/объему памяти, напряжению питания, другим параметрам, независимо от их производителей.

На втором этапе определяются основные, первичные и вторичные атрибуты каждой составляющей детали, подверженной анализу.

Первичные атрибуты — это свойства, описывающие технологическую группу детали. Согласно Бартелсу, первичный атрибут — это характеристика, которая определяет группу деталей / технологий. И, в качестве первичного атрибута для памяти, Бартелс определяет ее плотность, как эволюционный параметрический драйвер, изменение которого во времени соответствует появлению и устареванию памяти. Важно выбрать основной атрибут детали, фактор с наиболее сильным эволюционным влиянием на деталь.

При этом к вторичным атрибутам, число которых не рекомендуется превышать более трех, авторы отнесли характеристики группы деталей / технологий, которые могут изменить диапазон количества лет до устаревания данной системной детали / технологической группы. Например, компоновка микросхем, напряжение питания и методы доступа, по мнению Бартелса, являются типичными вторичными атрибутами, и они могут иметь серьезное влияние на прогнозирование устаревания детали, так как даже если плотность микросхемы памяти не устарела, ее компоновка, конфигурация могут измениться. По мнению Бартелса, в некоторых случаях вторичные атрибуты ценятся выше первичных.

На третьем этапе собираются данные о продажах данной составляющей, связанные с первичным атрибутом. Бартелс предположил, что данные о продажах, связанных с первичным атрибутом, являются прямым индикатором стадии жизненного цикла основного атрибута. Данные о продажах могут быть выражены в виде количества отгруженных единиц, в денежном эквиваленте, или в процентной доле рынка.

На четвертом этапе, по мнению Бартелса, «строится кривая жизненного цикла и определяются ее параметры, путем подгонки данных продаж основного атрибута к распределению прогнозирования жизненного цикла». На пятом этапе определяется, прогнозируется зона устаревания, в течение которой системный компонент, деталь / технологическая группа с высокой вероятностью устареет. И на шестом этапе производится изменение зоны устаревания, в ходе которой кривая жизненного цикла детали / технологической группы модифицируется / модернизируется с помощью вторичных атрибутов.

Авторы методики делают вывод о том, что если количество лет до устаревания любого из вторичных атрибутов попадает в пределы срока службы основного атрибута, количество лет до устаревания общей системной составляющей части должно быть изменено.

Приведенным соавторами примером может быть модуль управления двигателем, используемый в автомобиле. BMW Z3 1.9i, произведенный в 2002 г., с модулем управления двигателем, который все еще доступен на рынке, несмотря на завершение его производства в 2002 году. Однако аппаратная платформа на основе Windows NT для программирования этих модулей управления, которая требуется для центрального замка системы, больше не поддерживается в большинстве авторизованных сервисных центров. Аналогичных примеров немало. Вопрос только в критичности их несоответствия в ходе эксплуатации.

Совершенно очевидно, что каждая системная составляющая платформы определяет предел жизненного цикла изделия/платформы, определяемого самым коротким периодом жизненного цикла ее системных составляющих, требующим модификации/модернизации для обеспечения требований к изделию в целом. Именно поэтому, крайне важно провести детализацию высокотехнологичных изделий, являющихся сложными многоуровневыми платформами по каждому уровню их системных составляющих, в свою очередь детализованных по всем уровням их атрибутов/параметров.

Методология, представленная Бартелсом и соавторами, вызывает интерес, но ее проблема заключается в том, что в большей своей части она основывается на ретроспективном статистическом анализе данных о продажах на рынке, на продажах прошлых периодов. Вычисляет годы до устаревания и стадию жизненного цикла на основе ретроспективного статистического анализа Гаусса. Данный подход характерен для стабильных, не динамичных технологических рынков и их рыночных драйверов. При этом с ростом технологической динамики и непредсказуемости данный подход не сможет стать объективной опорой. На это указывает и Нассим Талеб в своей работе [3]. Невозможно использовать модели прошлого, опирающиеся на свою временную и событийную систему координат для оценки и прогнозирования качественно новой динамики будущего.

Подходы по прогнозированию устаревания системных компонентов высокотехнологичных изделий, основанные на данных о продажах, на результа-

тах ретроспективных исследований, достаточно эффективно использовались для разработки реактивных стратегий управления устареванием в период стабильной экономики. Однако с ростом технической и технологической динамики, роста количества и динамики драйверов влияния на процессы устаревания жизненных циклов как системных компонентов, составляющих изделия, так и самих изделий, подходы к разработке стратегий управления устареванием должны носить упреждающий характер и основываться на другой информации.

Старые подходы, новые вызовы. Современная технологическая динамика требует других подходов, когда необходимо опираться не только на текущие возможности системных компонентов, деталей и узлов, производимых на рынке, но и на требования к системным компонентам изделий, которые должны обеспечить поддержание должного уровня требований к самим изделиям, которые они формируют.

Проблема несоответствия жизненного цикла системных компонентов изделий, быстро изменяющимся требованиям, к их настоящим и будущим параметрам, делает необходимым вести непрерывный перспективный анализ проблем устаревания высокотехнологичных изделий, их системных компонентов, технологий производства, материалов, задолго до того, как эксплуатанты столкнутся с проблемами устаревания во время использования, и тем более боевого применения высокотехнологичной продукции, на протяжении всего ее жизненного цикла.

Предложения Бартелса контролировать рыночные тенденции, которые управляют ростом и устареванием групп компонентов / технологий, ставя в главу угла рынок, не в полной степени соответствуют требованиям времени. В этом случае мы должны быть уверены в технологической объективности рынка. Но рынок движим спросом. А рыночный спрос на специфические электронные компоненты для военной продукции необъективен, так как этот рынок ограничен. Целесообразнее контролировать и строить долгосрочные прогнозы по динамике технологических атрибутов, параметров, которые необходимо обеспечить для проведения целесообразной модернизации направленной на обеспечение современных и будущих требований к изделиям. Конечно, для этого должны быть возможности производственной реализации данных задач, которые имеют критическое, а часто решающее значение.

Следует принять во внимание предложения Бартелса по определению общего фактора риска, связанного с конкретной деталью, но не только путем внедрения рыночных факторов, в том числе таких, как рыночная доля производителя, его устойчивость, информация о жизненном цикле детали, но их следует расширить за счет внедрения факторов риска, связанных с неспособностью предоставить требуемые возможности, с несоответствием требований по интеграции и стоимости новых решений, с несоответствием обеспечения будущих требований, на протяжении полного жизненного цикла изделий / платформ.



Примером может быть практика неспособности своевременно предоставить требуемые и запланированные возможности атомному авианосцу класса Ford [4], флагману ВМС США, сопровождающаяся ростом затрат этого типа из-за задержек с поставкой оборудования, когда задержки и рост затрат в двух критических подсистемах: электронной магнитной пусковой системе (EMALS) и усовершенствованном тормозном механизме (AAG) — стали основной причиной того, что этот класс по-прежнему превышает бюджет. Второй пример эсминца с управляемыми ракетами USS Zumwalt (DDG-1000)², который был изначально задуман как эсминец, основной задачей которого является поддержка экспедиционных сил на берегу с большим объемом огня. Он использует перспективную огневую систему «Advanced Gun System», которая был предназначен для доставки самым точным и управляемым снарядом с наибольшей дальностью действия» (LRLAP) в истории ВМФ [5], первоначальная планируемая стоимость одного выстрела LRLAP которой должна была стоить около 50 000 долларов США. Итоговая стоимость выстрела выросла до примерно 1 млн долларов США за выстрел, что привело к тому, что ВМС отменили программу LRLAP в 2016 г. Это увеличение расходов не было связано с проблемами технологического развития, производительностью судостроителей или разработчиков оружия. Пушка и снаряд показали уникальные результаты при испытаниях. Однако программа LRLAP изначально предназначалась для поддержки класса из 32 кораблей, и резкое сокращение количества кораблей класса до трех резко увеличило стоимость единицы. Никакой эффективности количественного заказа не было, и не было возможности распределить затраты на разработку системы вооружения

² Naval-technology. DDG 1000 Zumwalt Class — Multimission Destroyer. Projects. dd21. 2021.

по классу» [4]. Исследование Мартина и соавторов, подтвердило неоправданно высокую стоимость итогового обеспечения кораблей DDG-1000 полной загрузкой вооружения. Сегодня корабль оснащается артиллерийской системой, имеющей качественно другую дальность, как и у устаревших платформ. Был доступен менее дорогостоящий вариант боеприпасов — управляемый артиллерийский снаряд Excalibur, который обеспечивает примерно половину дальности действия LRAP, но для этого потребовались бы модернизация стволов орудий, систем охлаждения и автоматизированного магазина, что привело бы к неизвестным, но вероятным значительным расходами; одна оценка затрат на инженерное проектирование для модификации всех трех кораблей этого класса для приспособления к соответствующим размерам и типам снарядов составила 250 млн долларов США. Последней модернизационной альтернативой была бы полная замена орудийной системы с неизвестным влиянием на стоимость, график и устойчивость.



По мнению Мартина, подобного рода проблемы возникают, когда невозможно обеспечить системные требования, которые необходимы для эксплуатации корабля и оказываются невозможны из-за трудностей, связанных с разработкой или интеграцией новой технологии.

Модернизация первоначальной конструкции, конфигурации изделия, может потребовать новых уровней интеграции, изменения процессов сборки для использования новых деталей, системных компонентов. И в этом случае использование в качестве замены новых деталей, с новыми рабочими характеристиками, требует от разработчиков первоначальной конструкции изделия формирование модернизационного задела на будущие изменения, учитывающего изменение вероятных будущих требований, чтобы гарантировать своевременное предоставление требуемых возможностей, а также гарантиро-

ванно исключить несоответствия в интеграции новых решений, например по мощности, уровню шума, электромагнитным помехам.

Так, по мнению Мартина [4], выбор известного, но не оптимального судового оборудования может привести к затратам на устаревание, затратам на раннюю модернизацию, вероятную замену и частому ремонту. Выбор неизвестного оборудования может привести к потере работоспособности, сопровождаться перечисленными выше рисками. Мартин и соавторы ввели понятие «технологического оптимизма», когда внедрение необходимого для эксплуатации нового изделия / платформы оборудования, оказывается невозможным из-за трудностей, связанных с разработкой или интеграцией новой технологии. Так, наряду с приведенными выше примерами, возникли проблемы на прибрежных боевых кораблях LCS [4] с интеграцией на уровне корабельной платформы модуля противоминной защиты, вызванных проблемами с системным модулем для поиска мин, и их нейтрализации, с датчиками обнаружения мин. Хотя эти проблемы, как казалось изначально, не были неустраняемыми, но недостатки интеграции модуля фактически не позволяют кораблю выполнять запланированные военные миссии.



Модернизация на уровнях системных компонентов изделия не должна стать источником серьезных проблем на уровне самого изделия / платформы.

При таких длительных сроках службы высокотехнологичной продукции и интенсивной модернизации в условиях противостояния на высокодинамичных, высокотехнологичных рынках, очевидно, требуется новая парадигма, новые подходы с открытой архитектурой и методами упреждающего проектирования обеспечивающих модернизационный задел, начиная со строительства новых платформ, и продолжающиеся на каждом этапе модернизации. Если прогнозируемые проблемы устаревания, связанные с поддержанием со-

ответствия требований к платформам на протяжении их жизненных циклов, не решаются во время нового строительства, новой модернизации, даже при условии того, что предполагаемые проблемы не становятся критическими в течение определенного количества лет, после ввода изделий в эксплуатацию, воздействие и решение проблем переносится на будущие периоды жизненного цикла изделий. В этом случае они могут носить качественно другой, критический характер, оказывающий непосредственное влияние не только на жизнеспособность самих проблемных системных компонентов, но и на устойчивую жизнеспособность платформ.

Производители высокотехнологичных электронных компонентов, программных продуктов все чаще передают на аутсорсинг их разработку и тестирование, а также их сопровождение на протяжении жизненных циклов, что обеспечивает доступ к специализированным знаниям и инновациям во внешней среде, повышает способность быстро реагировать на изменение требований. Это объясняется концентрацией производителей, заказчиков в лице государственных структур на своих профильных областях, где они обладают конкурентными преимуществами. Так, вооруженные силы Финляндии FAF недавно продемонстрировали готовность развивать инновационные отношения с частным сектором в нишевых областях [6], когда Управление логистики FAF заключило контракт с ИТ-компанией Digia Finland на предоставление услуг жизненного цикла системы.

Соглашение охватывает услуги по техническому обслуживанию систем командования и управления FAF, систем обучения и систем защиты информации, включая решения и услуги для шифрования сообщений.

Причинами устаревания в нашем динамичном мире роста противостояний и конкуренции являются новые технологичные решения потенциальных противников в военной сфере, разрушающих наше превосходство, или сопоставимые параметры по ТТХ и степени готовности, а также действия конкурентов в части создания качественно новой ценности, воспринимаемой клиентами.

И здесь критически важно, какой парадигме мы будем следовать, преодолевая естественные вызовы научно-технического прогресса, связанные с устареванием, по пути разрешения философской дилеммы: 1) бороться с устареванием, фактически реактивно следуя и реагируя на чье-либо лидерство, даже, если этими лидерами являемся мы сами, или 2) понимая неизбежность устаревания, действовать в его упреждение и создавать будущее, т. е. создавать перспективные решения, не только путем создания совершенно новых изделий, но и путем внедрения новых решений в ходе модернизации существующих.

В этой научно-технологической гонке, прежде всего успеха добьются те, кто обеспечит устаревание своих собственных продуктов и решений раньше, чем это сделает его оппонент. Реальной ценностью для этой технологической гонки будет создание и развитие компетенций предвидеть тенденции к уста-

реванию, исправление проблем до того, как они возникнут, станут более серьезными и определяют новые критические векторы развития.

Но здесь мы сталкиваемся с извечными проблемами не только недостаточного финансирования науки (и фундаментальной, и прикладной) и непрерывного совершенствования высокотехнологичных производств, но и с проблемами недостаточного финансирования поддержания требований к многоуровневым платформам на протяжении их жизненных циклов, которые закладывают базис и условия непрерывного технологического совершенствования, созданных ранее сложных высокотехнологичных изделий.

Вызовы, связанные с финансированием модернизации. Определяющую роль в эффективной реализации задач поддержания платформ в надлежащем состоянии и в соответствии с требованиями в течение жизненного цикла следует отвести финансированию. Это, казалось бы, банальная истина, но практика военного судостроения в США указывает на многочисленные противоречия даже в этой достаточно технологичной кораблестроительной стране [4].

Неудачи при разработке и последующих попытках модернизации ракетного эсминца USS Zumwalt (DDG-1000), оснащенного уникальной системой вооружения и стелс технологией, в первую очередь были связаны с постановкой и финансированием требований к системе снарядов дальнего действия с GPS-наведением (LRLAP), расходы по которой превысили стоимость части установленного оборудования [4].



Судостроение, как и другие отрасли производства высокотехнологичных платформ, производит закупку систем, системных компонентов, узлов с длительными сроками поставки и эксплуатации, что ведет к необходимости заключения долгосрочных контрактов. Практика финансирования строитель-

ства кораблей ВМС в США, представленная Мартином и соавторами [4], устанавливает срок 7–10 лет, что предоставляет возможность строить долгосрочные планы по постройке кораблей. При этом, в противоположность этому, значительная часть средств технического сопровождения, поддержания требований к кораблям и корабельным системам в течение их жизненного цикла обеспечивается путем ежегодного финансирования, что ставит под вопрос обеспечение долгосрочного фокусирования на техническое сопровождение кораблей ВМС, так как нет никаких гарантий, что контракты будут продлены. В ВМС США этот формат финансирования носит парадоксальный характер, обеспечивая долгосрочное финансирование для предприятий, которые, прежде всего, сосредоточены на краткосрочных требованиях к готовности корабля, при этом определяет краткосрочную структуру финансирования для организаций, которые отвечают за поддержание требований к кораблям в течение большей части их жизненного цикла. Подобный ежегодный характер финансирования поддержания технических требований к современным боевым кораблям создает неопределенность в отношении того, на какой уровень технической поддержки могут рассчитывать организации, сопровождающие полный жизненный цикл таких сложных платформ, отвечающие за поддержание соответствия требованиям по каждому изделию. ВМС США в ответ на такую политику, пытаясь ее компенсировать, регулярно увеличивает требования по финансированию ежегодного технического сопровождения флота. Это в любом случае не решает задачи по поддержанию требований к таким сложным платформам в стратегической перспективе, увеличивает неэффективные затраты и не способствуют долгосрочной стратегии обеспечения устойчивости требований к каждому кораблю и флоту в целом, не говоря уже о поддержании требований к межвидовому взаимодействию.



Представленное в исследовании Бартелса и соавторов заключение справедливо свидетельствует о том, что увеличение сроков жизненного цикла изделий и сроков службы их системных компонентов, увеличивающиеся периоды времени от начала проектирования до начала их производства затрудняют поставку оригинальных запасных частей на полный жизненный цикл изделий. Рост сложности высокотехнологичных платформ ведет к необходимости обрабатывать все большее количество событий устаревания компонентов в течение жизненного цикла изделий, что ведет к росту расходов на управление устареванием, о чем свидетельствуют следующие примеры Бартелса и соавторов [2]:

81 000 000 долларов США было выделено ВВС США на программу F-22 для закупки устаревших или быстро снятых с производства деталей, а также для перепроектирования сборок для принятия готовых коммерческих деталей COTS.

600 000 долларов США были потрачены производителем авионики на замену устаревшего чипа Intel.

500 000 000 долларов США было потрачено на модернизацию устаревшей радиолокационной системы для программы F-16.

264 000 долларов США было потрачено на покупку типа Life of Type (LOT) в качестве разрешения для одного устаревшего логического устройства для программы KC-130F / R (1997).

Заместитель министра обороны США по логистике назвал сумму 250 000 долларов США средней стоимостью перепроектирования монтажной платы с целью удаления устаревших компонентов.

От 26 000 до 2 000 000 долларов США — это диапазон, указанный Комитетом по производственным операциям и технологиям Electronic Industries Alliance (EIA) как диапазон затрат на перепроектирование печатной платы.

Новые вызовы, новые подходы к модернизации. Обоснование того или иного инвестиционного решения в области модернизации сложных систем вызвано трудностями, связанными с отсутствием достоверных обоснованных данных о долгосрочных тенденциях в области развития систем, системных компонентов, оборудования и узлов.

О влиянии устаревания на необходимость обеспечения должного уровня технологической готовности к управлению устареванием, в части обработки больших массивов данных, можно судить и по общему количеству уведомлений от первоначального производителя о прекращении производства деталей в 2006–2009 гг., приведенными Бартелс и соавторами [2]. Так, по состоянию на 14 ноября 2010 г. база данных компонентов только у SiliconExpert Technologies состояла из 157 184 671 уникальных деталей (примерно 121,6 млн из которых не устарели), охватывая 337 продуктовых линеек от 11 054 производителей. Количество деталей включало в себя все производные номера деталей на основе названия семейства деталей и общих кодов, присвоенных их производителями. 1,1 миллиона электронных компонентов,

снятых с производства в 2009 году, представляют собой примерно 0,9 процента электронных компонентов, доступных на рынке. Совершенно очевидно без решений в области искусственного интеллекта мониторинг и поиск решений при подобной динамике невозможен.

Трудности прогнозирования будущей ценности существующих систем, их превосходства, их производительности не позволяют обеспечить обоснование и демонстрацию долгосрочных выгод поддерживаемого превосходства, либо сопоставимости параметров, особенно если производительность, либо ценность новых системных составляющих не установлена в чем-либо, кроме спрогнозированных моделей, особенно в условиях использования изделий в интересах собственной национальной безопасности, когда оценка требований сложно монетизируется.

Даже в условиях продвижения высокотехнологичных изделий на экспорт, по линии военно-технического сотрудничества, у нас сохраняется возможность обоснования экономического эффекта от первичной продажи изделий зарубежным государствам, особенно в условиях создания задела для будущих вторичных продаж системных компонентов и боеприпасов, и тем более для проведения будущей модернизации. При этом ценностью для зарубежного клиента будет поддержание поставщиком требований к поставленным ему системам, путем проведения периодических модернизаций, которые также требуют правильного и эффективного обоснования.

Для принятия целесообразных решений по модернизации высокотехнологичных изделий/многоуровневых платформ на протяжении полного жизненного цикла необходимо:

- установить общий временной горизонт платформы, спроецированный на все ее уровни ее системных компонентов, с обеспечением компетенций по оценке влияния на готовность платформы, их соответствие заявленным требованиям,

- решения принимаются на нескольких горизонтах системных компонент, обеспечивая понимание того, как решения, принятые в отношении одного системного компонента, окажут влияние на другие,

- необходимо консолидировать все базы данных системных компонентов изделия,

- поддерживать непрерывный детальный анализ научных тенденций развития по всем системным компонентам, и их параметрам,

- установить краткосрочные цели и задачи, долгосрочное видение по требованиям к каждому системному компоненту,

- установить краткосрочные цели и задачи, долгосрочное видение по изделию в целом и месту изделия в межвидовой интеграции, необходимо ясное понимание требований к интеграции всех системных компонентов в рамках единой платформы,

- установить краткосрочные цели и задачи, долгосрочное видение по позиционированию изделия в межвидовой интеграции,

– установить ясное понимание требований к интеграции всех системных компонентов в рамках единой платформы,

– единое управление и единая ответственность по поддержанию соответствия требований к платформе на весь период ее жизненного цикла.

Опора при проведении модернизации на исключительно формальные процессы, принятые в организации как на исключительное средство планирования и распределения ресурсов, ставит во главу угла процесс «планирование-бюджетирование-программное исполнение», а не объективное определение соответствия текущих требований к эксплуатируемым платформам заявленным ранее требованиям и проверке актуальности параметров соответствия относительно не только систем противника, но и относительно уровня показателей научно-технического прогресса и аппаратных параметров в данной области.

Модернизация должна идти не со скоростью формальных процессов «планирование — бюджетирование — программное исполнение» в организациях, которые критически важны для ведения системной работы, а должна идти с упреждением скорости устаревания, предупреждая несоответствие требований к поддержанию ТТХ современной динамике научно-технологической гонки. Непрерывность модернизации означает не модернизацию ради модернизации, а модернизацию, направленную на поддержание ценностного предложения для заказчика и эксплуатанта, в форме поддержания заявленных ранее требований к высокотехнологичной продукции. Кроме того, каждый раз, создавая задел будущей модернизации при проведении текущей модернизации, мы создаем ценностное предложение не только для заказчика, но и для себя, обеспечивая тем самым готовность и эффективность будущей модернизации.

Представленные в материале статьи проблемы в разработке методологии прогнозирования устаревания в области высокотехнологичных решений, в проведении модернизации для преодоления технического и технологического устаревания необходимо учесть с целью недопущения при последующем внедрении данных подходов и методов в научно производственной среде Российской Федерации.

В статье использованы фотографии ресурсов Oruzhie.info, NavalTechnology.com, Seaforces.org, Warspot

Литература

- [1] Toffler A. *Future Shock*. Bantam; Reissue edition, June 1, 1984, 576 p.
- [2] Bartels B. *Strategies to the prediction, mitigation and management of product obsolescence*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, 2012.
- [3] Талев Н.Н. *Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости*. 2-е изд., доп. М., КоЛибри, 2021, 736 с.
- [4] Martin B., Yardley R.J., Pardue Ph., Tannehill B., Westerman E., Duke J. *An approach to life-cycle management of shipboard equipment*. RAND Corporation, Santa Monica, Calif. 2018, 79 p.

- [5] Szoldra P. The Navy can't fire its awesome new gun because the rounds cost nearly \$1 million each. *Businessinsider.com*, Nov 7, 2016.
- [6] O'Dwyer G. Finland government examines centralized cyber defense. *Computer-Weekly.com*. 22 May 2018.

Continuous Modernization of High-Technological Products During the Life Cycle — A Response to the Growing Challenges of Accelerating the Obsolescence of Products, Their System Components and Strengthening Technical, Technological and Contrast

© | **Ganus Yu.A.**
Starozhuk E.A.

ganus@bmstu.ru
estar@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

High-tech platforms' continuous modernization throughout the life cycle is a response to the growing challenges of accelerating the obsolescence of products, their component and the strengthening of technical and technological opposition to competition and competition. Understanding the inevitability of obsolescence, it is necessary to act in anticipation of obsolescence and create the future, create promising solutions, not only by creating completely new products, but also by introducing new solutions during the modernization of existing ones. Methodology for predicting obsolescence in the field of high-tech solutions should become a tool for modernization.

Keywords: *modernization, life cycle, obsolescence*

УДК 004.22:338.3

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-014

Компьютерная игра «Жизнь» как инновационный инструмент для визуализации экономико-производственных процессов высокотехнологического предприятия ракетно-космической отрасли с системой управления полным жизненным циклом

© | **Голоднов Дмитрий Александрович**
Сокуренок Евгений Дмитриевич
Соколянский Василий Васильевич

golodnovda@student.bmstu.ru
sokolyansky63@mail.ru

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

Описано использование компьютерных игр для визуализации деятельности высокотехнологического предприятия. Компьютерная игра «Жизнь», представляющая собой клеточный автомат авторства Джона Конвея, предложена для визуализации экономико-производственной деятельности компании. Язык описания игры «Жизнь» адаптирован с Altair BASIC на современный C++. На примере компьютерной игры

показано, что клеточный автомат приемлем для визуализации деятельности предприятия ракетно-космической отрасли и способен к отражению многомерной экономической информации и визуализации организации производства инновационных предприятий.

Ключевые слова: клеточный автомат «Жизнь», компьютерные игры, организация производства, высокотехнологичное инновационное предприятие, ракетно-космическая отрасль, визуализация экономической информации, корпорация Boeing

Появление компьютерных игр дает возможность создания инновационных экономико-математических инструментов.

В основе ряда современных компьютерных игр лежит технология клеточного автомата. Каждая клетка является конечным автоматом, состояния которого определяются состояниями соседних клеток и ее собственным состоянием [1]. Необходимо отметить, что большим опытом среди российских специалистов по визуализации экономических процессов обладают [2–5].

Компьютерная игра «Жизнь» представляет собой простой клеточный автомат с непредсказуемым поведением, в котором человек не принимает участия. В компьютерной игре существует два правила, определяющие «рождение» и «смерть». Отметим, что игра «Жизнь» оказала влияние на развитие математики и информатики, а структуры, наблюдаемые в этой игре, встречаются в биологии, астрономии и физике.

Авторами проведена аналогия между сменяющимися поколениями «живых» клеток в игре Конвея и представления деятельности высокотехнологичного предприятия как живого организма. В целях корректной инсталляции экономических переменных в игру «Жизнь», игра была переведена с языка программирования Altair BASIC на современный C++.

Объектом исследования является высокотехнологичное инновационное предприятие — корпорация Boeing. Параметры экономической деятельности предприятия взяты из открытых источников за период с 2011 по 2016 год [6].

Для проведения экономико-математического эксперимента многомерная экономическая информация, отражающая деятельность предприятия Boeing на протяжении семи лет, была представлена следующими блоками: НИОКР; персонал; удельный вес интеллектуальной собственности в составе активов предприятия; показатели эффективности персонала; инновационный потенциал; конкурентные факторы в развитии высокотехнологичного предприятия; риск проектов, связанный с разработкой и внедрением новой высокотехнологичной продукции; показатели операционной эффективности; критерии инвестиционной привлекательности и маркетинг технологий.

Параметры экономической деятельности были нормированы перед инсталляцией в игру «Жизнь» по соответствующему показателю с использованием формулы $X_{норм} = x/x_{max}$.

Посредством выполнения приведенного алгоритма для каждого блока экономической информации была получена визуализация динамики измене-

ния параметров экономической эффективности. На рис. 1 и 2 приведены полученные в программе «Жизнь» результаты визуализационной картины наиболее информативных блоков экономической информации.

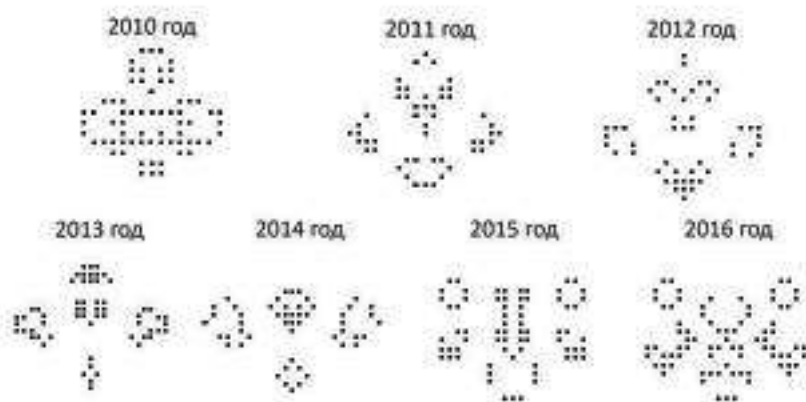


Рис. 1. Инновационный потенциал высокотехнологичного предприятия Boeing

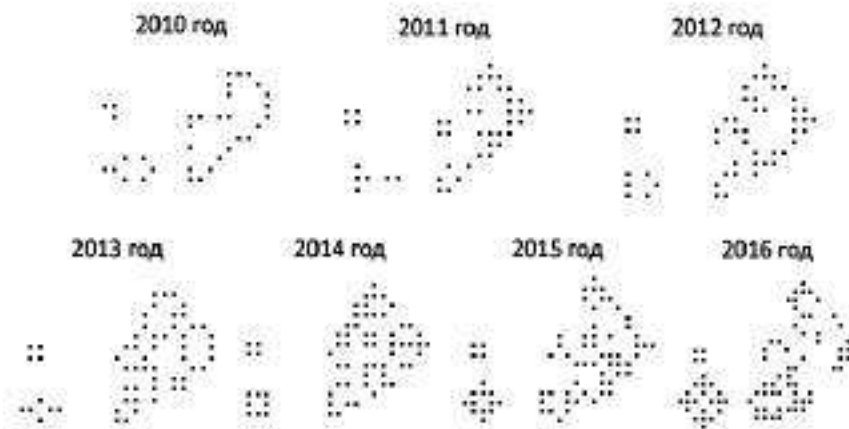


Рис. 2. Удельный вес интеллектуальной собственности в составе активов высокотехнологичного предприятия Boeing

Показано, что высокотехнологичные инновационные предприятия ракетно-космической отрасли являются оптимальным объектом для применения предложенной компьютерной игры для визуализации экономической деятельности предприятия.

Литература

- [1] Шаляпина Н.А., Громов М.Л. «Жизнь» в тензорах: реализация клеточных автоматов на видеокартах. *Труды Института системного программирования РАН*, 2019, т. 31, № 3, с. 217–228.
- [2] Белагуров А.О., Соколянский В.В., Терехов В.И. Коэффициент Q-Тобина как один из показателей инвестиционной привлекательности компании ИТ-сектора экономики. *Экономические науки*, 2016, № 137, с. 77–78.
- [3] Андрусенко А.С. и др. Применение модели EVA и коэффициента Тобина для оценки стоимости интеллектуального капитала как комплекса ИТ-компаний «МГТС» и «Ростелеком». *Экономика и предпринимательство*, 2016, № 5, с. 527–531.
- [4] Соколянский В.В., Пашков Б.С. Технологии BIG DATA и их инсталляции в экономические исследования. *Вопросы экономических наук*, 2015, № 4, с. 169–171.
- [5] Андрусенко А.С. и др. *Современные методы поисковой оптимизации в задаче определения параметров интеллектуального капитала*. М., 2017.
- [6] <https://www.boeing.com> (дата обращения 20.03.2021).

Computer Game “Life” as an Innovative Tool for Visualizing the Economic Production Processes of a High-Technology Enterprise of the Rocket Space Industry with a Full Circuit Control System

© | Golodnov D.A.
Sokurenko E.D.
Sokolyansky V.V.

golodnovda@student.bmstu.ru

sokolyansky63@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

Describes the use of computer games for visualizing the activities of a high-tech enterprise. The computer game “Life”, representing a cellular automaton by John Conway, is proposed for visualizing the economic and production activities of the company. The language for describing the game “Life” is adapted from Altair BASIC to modern C ++. It is shown that the cellular automaton is acceptable for visualizing the activities of an enterprise in the rocket and space industry and is capable of reflecting multidimensional economic information and visualizing the production organization of innovative enterprises.

Keywords: *cellular automatons “Life”, computer games, production organisation, high-tech innovative enterprise, rocket and space industry, visualization of economic information, Boeing corporation*

УДК 623.624

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-015

Модель управления затратами на жизненном цикле высокотехнологичной продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса

© | Денисов Сергей Николаевич
Голубев Сергей Сергеевич

sdenisov@cniicentr.ru
sergei.golubev56@mail.ru

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт «Центр»,
Москва, 123242, Россия

Приведена концептуальная схема предлагаемой системы управления затратами на жизненном цикле вооружения, военной и специальной техники. Сформулированы пути решения проблем ресурсного обеспечения разработки, производства, эксплуатации и ликвидации вооружения, военной и специальной техники, реализация которых способна значительно реформировать систему управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники, приведя ее в соответствие поставленным целям обеспечения военно-технической эффективности.

Ключевые слова: *полный жизненный цикл, управление затратами, промышленное предприятие, прибыль, эффективность*

Введение. В последние годы в России и мире организована и проводится работа по созданию системы управления полным жизненным циклом (ЖЦ) высокотехнологичной продукции (ВП) [1].

К ВП относится продукция, которая производится на предприятиях таких видов деятельности, как судостроение, авиастроение, автомобилестроение, ремонт машин и оборудования и др. [2].

Особое значение в функционировании системы управления полным ЖЦ имеет его ресурсное обеспечение. Создание системы управления затратами на этапах ЖЦ вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) позволит существенно снизить финансовые и материальные затраты на техническое оснащение высокотехнологичных отраслей промышленности страны, а также повысить эффективность создания и использования ВВСТ [3]. Кроме того, анализ накапливаемой информации о прогнозных и фактических затратах на ЖЦ различных изделий и образцов позволит выявлять «проблемные» технологии, материалы, комплектующие, услуги, на которые приходится существенные затраты и формировать предложения по разработке более совершенных аналогов.

Место системы управления затратами на этапах ЖЦ в системе управления предприятиями. Система управления затратами занимает особое место в системе управления предприятием и должна рассматриваться как ее подсистема. Она должна быть интегрирована в общую систему управления ЖЦ и находится в тесной взаимосвязи с другими элементами системы, по-

этому можно утверждать, что управление затратами на предприятии должно носить комплексный характер [4].

Управление ЖЦ предполагает такое планирование и расходование различного рода ресурсов, выделяемых на реализацию каждого из этапов и всего ЖЦ, которое обеспечивает достижение максимальных показателей эффективности технического оснащения вооруженных сил при минимизации затрат на их материально-техническое оснащение.

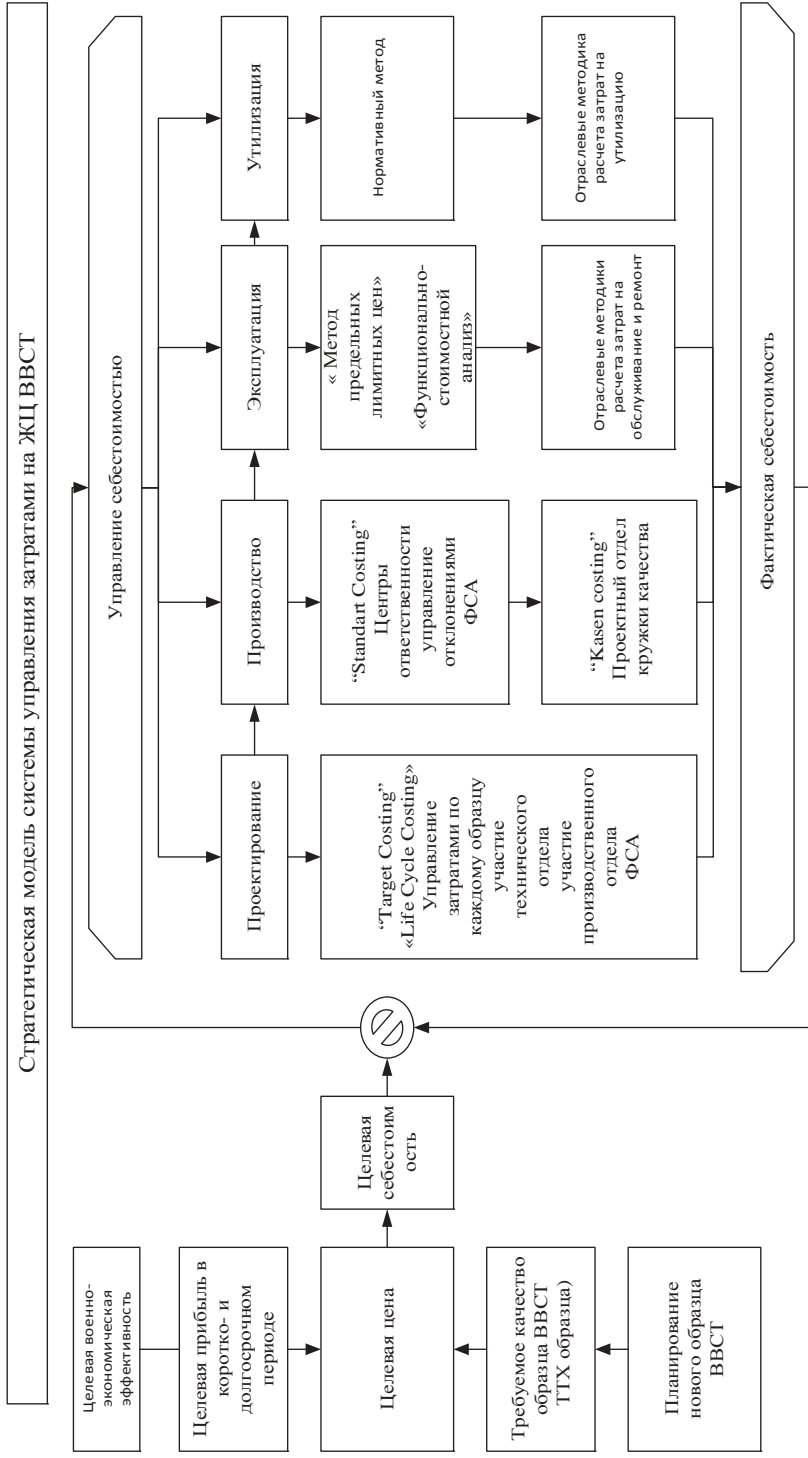
Под управлением ЖЦ высокотехнологичных образцов и изделий понимается деятельность по разработке, производству, обеспечению надлежащей эксплуатации, ремонту и их утилизации, осуществляемая на протяжении всего ЖЦ с целью снижения его стоимости посредством управляющего воздействия. Таким образом, управление затратами на ЖЦ ВВСТ это непрерывный процесс реализации этапов ЖЦ объекта от его создания до утилизации.

Концептуальная модель системы управления затратами. На сегодня в целом сформировалось понимание, что система управления полным ЖЦ для различных отраслей народного хозяйства будет иметь свою специфику. Однако базовые нормативные документы, специальное программное обеспечение, методики сбора, обработки и представления информации, техническая документация должны быть построены на единых принципах и стандартах.

Система управления затратами на этапах ЖЦ ВВСТ представлена на рисунке. При этом необходимо совместное использования различных методов управления затратами. Применение целевого планирования затрат позволяет спрогнозировать и оценить уровень прибыли и рентабельность товара, т. е. делает будущее предприятия прозрачным и предсказуемым. Нормативный метод и работа по отклонениям в этой системе приобретает новый смысл, связанный с решением именно тех задач, ради которых она была создан.

Изложенные методические подходы к формированию стоимостных и временных параметров ЖЦ ВП образуют единый комплекс, охватывающий как затратный, так ценностной подходы к формированию стоимостных показателей, а также целевое использование трудовых, временных и финансовых ресурсов, применение которых на практике позволит повысить эффективность расходования бюджетных средств, выделяемых на обеспечение военной безопасности государства. Лимитная цена выражает предельно допустимый уровень цен с учетом полезного эффекта [5]. Кроме того, рассмотренные методы могут быть применены и в гражданском секторе экономики.

Заключение. Предложенная концептуальная модель управления затратами по этапам ЖЦ ВВСТ может быть использована органами государственной власти при совершенствовании нормативно-правового регулирования вопросов применения концепции управления ЖЦ продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса, предприятиями оборонно-промышленного комплекса в процессе управления ЖЦ продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса, в научно-исследовательских работах, в практике преподавания экономических дисциплин в образовательных организациях высшего образования.



Система управления затратами на этапах ЖЦ ВВСТ

Литература

- [1] Звягин А.А. Высокие технологии. Госмешательство VS невидимая рука рынка. *Экономика высокотехнологичных производств*, 2020, т. 1, № 4, с. 155–172.
- [2] Приказ Минпромторга России от 02.07.2015 № 1809 «Об утверждении Перечня высокотехнологичной продукции, работ и услуг с учетом приоритетных направлений модернизации российской экономики».
- [3] Аносов Р.С. и др. К вопросу оптимизации затрат на жизненном цикле образца специальной техники. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф.* М., Первое экономическое издательство, 2020, с. 31–39.
- [4] Голубев С.С., Кукушкина Г.Р. Проблемы развития системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. *Экономика высокотехнологичных производств*, 2020, № 4, с. 183–196.
- [5] Подольский А.Г. Лимитная цена — комплексный показатель, характеризующий военно-экономическую ценность продукции. *Военная мысль*, 2020, № 10, с. 110–118.

Model of Cost Management in the Life Cycle of High-Tech Products of Enterprises of the Military-Industrial Complex

© | Denisov S.N.
Golubev S.S.

sdenisov@cniicentr.ru
sergei.golubev56@mail.ru

FSUE "Russian Research Institute "Center", Moscow, 123242, Russia

A conceptual scheme of the proposed cost management system for the life cycle of weapons, military and special equipment is presented. The ways of solving the problems of resource support for the development, production, operation and elimination of weapons, military and special equipment, the implementation of which can significantly reform the management system of the full life cycle of weapons, military and special equipment, bringing it in line with the goals of ensuring military-technical efficiency, are formulated.

Keywords: *full life cycle, cost management, industrial enterprise, profit, efficiency*

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-016

Архитектура системы управления жизненным циклом

© | Ерофеев Владимир Сергеевич

1983vladimir@mail.ru

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

Изучено управление развитием системы изделий высокотехнологичных отраслей промышленности, включая задачи создания системы управления полным жизненным

ным циклом изделий и военно-научного сопровождения изделий на начальных стадиях жизненного цикла. Проанализировано, что для оптимизации затрат на жизненном цикле изделия необходимо учитывать не только его тактико-технические характеристики, но и конструктивные и эксплуатационные показатели, такие как надежность, модернизационная пригодность, возможности унификации, автоматизации и др.

Ключевые слова: ключевые компетенции, жизненный цикл, продукция военного назначения, система управления, военно-научное сопровождение

В современном мире много внимания уделяется вопросам управления развитием систем вооружения, в том числе вопросу создания системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Указом Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 603 «О реализации планов строительства и развития Вооруженных сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса» поставлена задача создания системы управления полным индустриальным циклом производства ВВСТ — от моделирования и проектирования до серийного выпуска изделий, обеспечения их эксплуатации и дальнейшей утилизации. Ожидается, что «...создание такой системы позволит существенно снизить финансовые и материальные затраты на техническое оснащение Вооруженных сил и силовых структур страны, а также повысить эффективность системы вооружения» [1].

В настоящее время продолжается активное обсуждение проблем формирования СУПЖЦ ВВСТ [2, 3], в том числе изделий высокотехнологичных отраслей промышленности [4]. Внимание уделяется необходимости совершенствования структуры системы, включая создание единой информационной оболочки [5, 6]. Отмечаются разнообразие участников системы и их целей, информационная и методическая несогласованность и разорванность процессов на различных этапах жизненного цикла изделий [7].

Предметом для обсуждения, часто являются вопросы организационного и информационного обеспечения процессов управления жизненным циклом, а вопросы методологического характера затрагиваются в меньшей степени. При этом упускается одна из главных, цель создания СУПЖЦ — повышение эффективности развития ВВСТ, составляющих техническую основу системы вооружения. Через фокус эффективности развития ВВСТ — военно-экономической категории, определяющей стоимость приведения системы вооружения в требуемое состояние и поддержания в нем — необходимо рассматривать задачи, связанные с формированием СУПЖЦ, как организационные и информационные, так и методологические.

Очень важно оперировать промежуточным показателем — эффективностью жизненного цикла образца, который посредством совокупности образцов ВВСТ определяет эффективность развития системы вооружения в целом. Эффективность жизненного цикла образца ВВСТ зависит от тактико-технических и других характеристик образца, определяющих его эффектив-

ность по прямому назначению, а также свойств образца, определяющих суммарную стоимость его полного жизненного цикла [8].

Управление жизненным циклом — это выбор вариантов, что является одной из главных особенностей управления развитием системы изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Скажем, можно обеспечить высокую надежность при высоких затратах на ОКР и серийное производство и тем самым снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт. Или финансировать создание современной ремонтной базы для обеспечения боеготовности изделий недорогих, но с недостаточно высокой надежностью. Возможно также создание изделий с «избыточными» значениями тактико-технических характеристиках и высокой стоимостью, эффективность которых будет сохраняться на требуемом уровне относительно долгое время. Другой вариант — это создание более бюджетных изделий на модульной основе, эффективность которых можно поддерживать заменой отдельных модулей, определяющих эффективность изделия в целом. Примером также может служить создание изделий высокотехнологичных отраслей промышленности с высокой степенью автоматизации и с более высокой стоимостью создания, обеспечивающей снижение затрат на содержание и подготовку расчетов. Возможно увеличение числа изделий для поддержания требуемого уровня эффективности с соответствующим увеличением затрат на производство, но с низкой стоимостью ОКР, хотя в действительности увеличить наряд сил далеко не всегда можно вследствие организационно-штатных ограничений. Также необходимо учитывать важную особенность изделий высокотехнологичных отраслей. Целесообразность затрат на образец определяются не только свойствами образца как системы, но и внешними по отношению к образцу условиями его создания, применения в бою и поддержания в боеготовности.

Можно заключить, что эффективное развитие системы вооружения предполагает проведение комплексной оптимизации указанных характеристик и свойств образцов изделий высокотехнологичных отраслей промышленности, определяющих эффективность их жизненного цикла.

Одними из самых важных стадий жизненного цикла изделий высокотехнологичных отраслей промышленности, в аспекте процесса управления развитием системы вооружения РЭБ, являются стадии исследований и обоснования разработки (обоснование требований, НИР, аванпроект), а также разработки (ОКР). Именно на этих стадиях закладываются и реализуются свойства изделий, определяющие их эффективность, стоимость всех последующих стадий жизненного цикла. Необходимо так же учитывать, что возможность реализации тех или иных свойств изделий зависит от особенностей технических решений, обоснование которых проводится в ОКР, в основном на этапе проектирования. Поэтому весьма сложно провести окончательную оптимизацию и обоснование требований к свойствам создаваемых образцов до проведения указанных этапов ОКР, появляется необходимость уточнения некоторых требований уже в ходе работы.

Итак, обоснование требований к характеристикам изделий и управление их реализацией — это наиболее значимые задачи управления развитием системы вооружения РЭБ, решения которых зависит эффективность развития системы вооружения в целом. Данные особенности управления развитием системы изделий высокотехнологичных отраслей промышленности показывают, что вопросы управления НИОКР и оценки эффективности их проведения как ключевого фактора развития систем вооружения.

Для более полной реализации требований и нормативных документов Минобороны России в части военно-научного сопровождения и управления развитием системы вооружения целесообразно применять частные показатели качества выполнения НИОКР, предполагающие пошаговое проведение оценок соответствия предлагаемых и реализуемых конструкторских решений требованиям повышения эффективности полного жизненного цикла создаваемых изделий.

В рамках военно-научного сопровождения по созданию изделий высокотехнологичных отраслей промышленности такие оценки проводятся, но при этом здесь необходимо решить еще ряд методологических задач, связанных с комплексной оптимизацией характеристик и свойств изделий, сложность которых повышается вследствие большого количества видов изделий, структурной сложности системы изделий и других особенностей системы вооружения РЭБ.

Итак, управление развитием системы изделий высокотехнологичных отраслей промышленности имеет ряд особенностей, обусловленных сложностью системы вооружения, большим разнообразием составляющих ее средств и рядом других факторов [8]. Необходимость дальнейшего повышения эффективности развития системы изделий в этих условиях требует применения специализированной методологии обоснования и оптимизации требований к свойствам изделий (пригодность к модернизации, и т. п.), определяющих стоимость полного жизненного цикла изделий, а также управления реализацией указанных требований на этапе НИОКР.

В заключение необходимо отметить, что существенное влияние результатов НИОКР на эффективность разрабатываемых изделий и стоимость всех последующих стадий жизненного цикла этих изделий, а также наличие эффективного инструмента управления научными исследованиями и разработками в рамках государственного оборонного заказа позволяют считать военно-научное сопровождение НИОКР потенциально важнейшим элементом управления развитием системы вооружения РЭБ.

Литература

- [1] Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. *Вооружение и экономика*, 2014, № 2, с. 4–9.
- [2] Дутов А.В., Кузнецов Л.В. Методология управления жизненным циклом сложных систем. *Радиоэлектронные технологии*, 2015, № 1, с. 78–80.

- [3] Маевский Ю.И., Гриб В.Н. Научно-технические проблемы обеспечения жизненного цикла техники РЭБ. *Радиоэлектронные технологии*, 2015, № 1, с. 81–85.
- [4] Баринов С.П., Рыков А.В., Акиншин Б.М. Проблемные вопросы обеспечения жизненного цикла авиационной техники РЭБ. *Радиоэлектронные технологии*, 2015, № 4, с. 42–45.
- [5] Маевский Ю.И. Пути реализации единой научно-технической политики при создании техники РЭБ. *Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах Российской Федерации: Темат. сб. М.*, 2015, с. 94–95.
- [6] Федутин Д.В. Контракты жизненного цикла. *Военно-промышленный курьер*, 2013, вып. № 13. URL: <https://vpk-news.ru/articles/15223> (дата обращения 20.03.2021).
- [7] Глазунов Ю.М., Дмитриев А.В. Научно-организационные вопросы создания системы управления полным жизненным циклом техники РЭБ. *Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах Российской Федерации: Темат. сб. М.*, 2017, с. 72–74.
- [8] Аносов Р.С., Бывших Д.М., Дмитриев А.В. Особенности оценки эффективности жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. М.*, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, с. 3–8.

Life Cycle Management System Architecture

© | Erofeev V.S.

1983vladimir@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The management of the development of the system of products of high-tech industries is studied, including the tasks of creating a system for managing the complete life cycle of products and military-scientific support of products at the initial stages of the life cycle. It is analyzed that in order to optimize costs in the life cycle of a product, it is necessary to take into account not only its tactical and technical characteristics, but also design and operational indicators, such as reliability, modernization suitability, the possibility of unification, automation, etc.

Keywords: *key competencies, life cycle, military products, control system, military scientific support*

УДК 65.011.56

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-017

Формирование системы мониторинга деятельности организаций оборонно-промышленного комплекса

© | Ерошин Сергей Евгеньевич¹

s.eroshin@nocvko.ru

Климентов Геннадий Александрович²

¹ Научно-образовательный центр ВКО «Алмаз-Антей», Москва, 121471, Россия

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Обсуждаются вопросы разработки программных приложений, позволяющих осуществлять оперативный мониторинг состояний предприятий оборонно-промышленного комплекса. Основное внимание уделено выявлению значимых параметров деятельности организаций. Показана эффективность применения ранговой статистики для определения весовых коэффициентов различных параметров, использующихся в комплексной оценке. На основе итерационного метода определения факторных нагрузок и корреляционного анализа предложен набор показателей деятельности разрабатывающих предприятий оборонно-промышленного комплекса, учет которых повышает информативность комплексных оценок.

Ключевые слова: эффективность, оборонно-промышленный комплекс, показатели, весовые коэффициенты, ранговые статистики, производительность

Автоматизированные системы, используемые на этапах НИОКР, освоения и выпуска продукции, оперативно генерируют массивы данных, на основе которых можно оценить эффективность деятельности предприятия в научном, техническом, организационно-экономическом и социальном отношении. Своевременная обработка данных создает предпосылки для повышения качества вырабатываемых управленческих воздействий. Развитие теории и практики построения комплексных оценок эффективности деятельности предприятий, задействованных в НИОКР, связано с решением следующих задач:

- идентификация существенных параметров деятельности предприятий по выбранным критериям;
- ретроспективный анализ состояний предприятий на основе выявленных значимых параметров;
- установление взаимосвязей между управляющими воздействиями и отклонениями значений конкретных параметров;
- моделирование последствий предлагаемых управленческих решений и их корректировка с учетом поставленных задач и ограничений;
- проведение сравнительного анализа результатов деятельности предприятий различных холдинговых структур одноименной отраслевой принадлежности.

Представленная работы посвящена вопросам идентификации существенных параметров деятельности предприятий по выбранным критериям.

В опубликованных ранее работах [1, 2] на основе фактических статистических сведений о деятельности научно-исследовательских организаций оборонно-промышленного комплекса было показано, что стандартные параметры оценки эффективности деятельности научно-исследовательских организаций, конструкторских бюро, научно-производственных предприятий не всегда точно отражают реальное положение дел в организации. Так, например, ранжирование научно-исследовательских институтов оборонно-промышленного объединения по финансово-экономическому критерию, проведенное квалифицированными экспертами, существенно расходится с ранжированием тех же предприятий по значениям рентабельности (рис. 1). В то же время, характеристика возрастного состава инженерно-технических работников предприятий обладает высокой по модулю корреляцией с экспертным ранжированием. В этой связи представляется целесообразным при построении комплексных оценок деятельности предприятий, учитывать в оценочной формуле разноплановые показатели. При этом работа с параметрами различной размерности может быть реализована с применением методов непараметрической статистики.

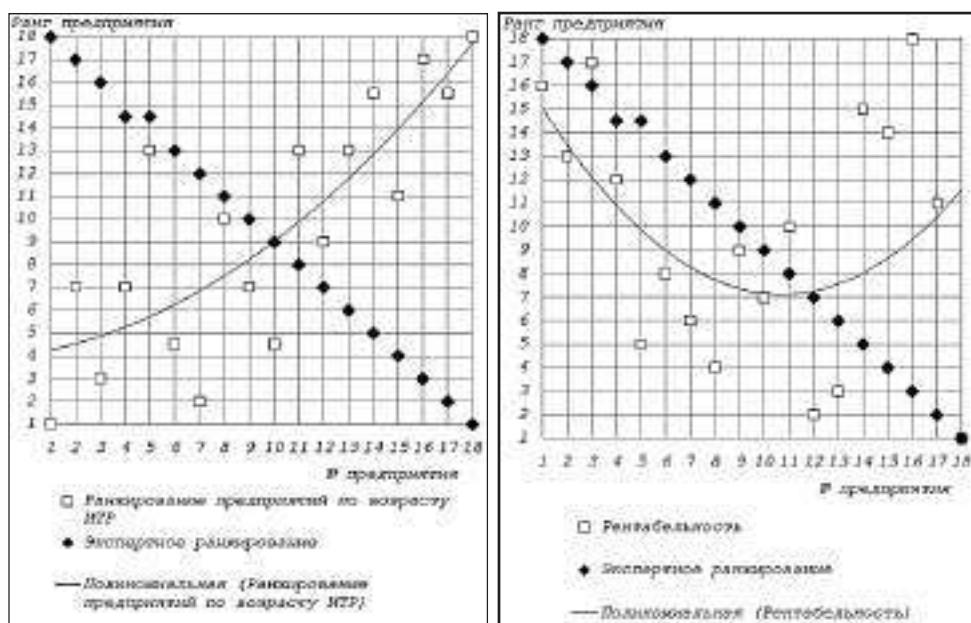


Рис. 1. Пример использования ранговой статистики при определении существенных параметров деятельности научно-исследовательских организаций

В отличие от параметрических методов, в которых предполагается, что генеральное распределение известно с точностью до конечного числа параметров, непараметрические методы статистики помогают проводить оценку, когда функции распределений найти сложно или не представляется возможным.

Применительно к предприятиям одноименной отраслевой принадлежности можно говорить, что каждый из рассматриваемых объектов обладает двумя видами признаков, количественными (значения конкретных параметров) и качественными (положение данного объекта относительно других). В этом случае рассматриваемые объекты могут быть проранжированы по качественному признаку.

Использование ранговых методов в анализе работы разрабатывающих предприятий оборонно-промышленного комплекса, что доля информации, содержащейся в векторе рангов, значительна. Это обеспечивает высокую эффективность применения данного типа непараметрических методов статистики.

Анализ показателей деятельности предприятий, задействованных в НИОКР, позволил отобрать параметры, которые наиболее весомы при комплексной оценке по финансово-экономическому критерию (рис. 2). При расчете весов параметров был использован итерационный метод.

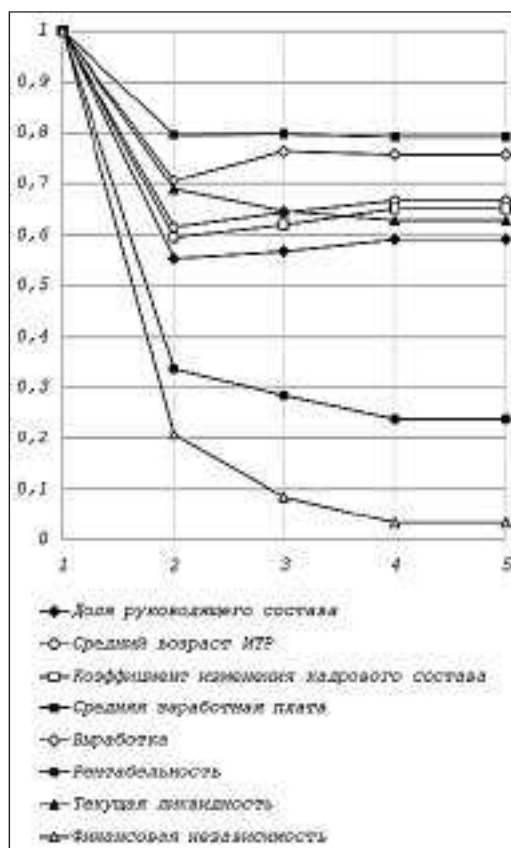


Рис. 2. Весовая характеристика показателей деятельности организаций, действующих в НИОКР

На первом этапе были рассчитаны коэффициенты корреляции ранговых векторов по каждому отдельному параметру с генеральным ранжированием элементов системы первого приближения, которое формируется в соответствии с суммой рангов элементов системы по каждому отдельному параметру. Во втором приближении рейтинговая система рассчитывается с весовыми множителями параметров, роль которых выполняют полученные коэффициенты корреляции. Затем вновь рассчитываются корреляционные коэффициенты и строится рейтинговая система следующего приближения, и так далее до тех пор, пока значения корреляционных коэффициентов не придут к устойчивым величинам.

Практика использования данного подхода показала, что в результате нескольких итераций коэффициенты значимости параметров фиксируются, и определяется рангов вектор комплексных оценок предприятий.

Аналогичный результат, демонстрирующий сходимость построенной разностной системы, был получен и теоретически путем сведения задачи к общему неявному методу простой итерации [3].

В ряд наиболее весомых параметров, которые необходимо учитывать при комплексной оценке финансово-экономического состояния организаций сферы НИОКР, вошли средний возраст ИТР, средняя заработная плата на предприятии, выработка, коэффициент, характеризующий динамику кадрового состава, доля руководящего состава (предприятия с низкой долей административно-управленческого персонала имеют более высокий ранг), текущая ликвидность.

В ранее опубликованных работах [4–6] было показано, что каждый из параметров, определенных в качестве базовых для построения комплексных оценок, нуждается в самостоятельном анализе. Так, при исследовании среднего возраста ИТР, принципиально важным оказалось не только значение математического ожидания возрастного распределения, но и то, чтобы это распределение не было многовершинным и стремилось к нормальному.

В детальном анализе нуждается и показатель выработки — отношения дохода организации в денежном выражении к числу работников. По сути, это аналог показателя ВВП, который, на самом деле, не продукт, и не стоимость продукта, а число, отражающее рост затрат человеческого рабочего времени и иных ресурсов [7]. Такой же подход наиболее часто используется для расчета производительности труда — выручка делится на среднесписочную численность работающих за определенный период времени. Принимая во внимание, что целью самих НИОКР и результатов их внедрения на производстве является сокращение расходов рабочего времени и потребляемых природных ресурсов, колебания показателя выработки, как и вышеприведенный показатель среднего возраста, не однозначно характеризуют эффективность деятельности организации-разработчика. Детально данный вопрос ранее был рассмотрен в работе «Вопросы методологии измерения производительности и интенсивности труда», где было предложено рассчитывать производитель-

ность рабочей силы с помощью индекса производительности рабочей силы по формуле $i_{\text{пр.с}} = 1 + \mathcal{E}/\mathcal{C}$, где \mathcal{E} — экономия у потребителя конкретного материального блага за срок его полезного действия по сравнению с предшествующим продуктом; \mathcal{C} — цена нового продукта. Смысл этого индекса состоит в определении количественной оценки экономии будущего рабочего времени на единицу затрат рабочего времени в цене этого продукта: $i_{\text{пр.с}}$ — индекс производительности рабочей силы по любому продукту по сравнению с предшествующим продуктом; \mathcal{E} — экономия у потребителя этого продукта за срок его службы (жизненный цикл) по сравнению с предшествующим состоянием в единицах учета рабочего времени; \mathcal{C} — цена нового продукта в единицах учета затрат рабочего времени (рубли, доллары, евро и т. д.).

Применение данного показателя в качестве базового для определения эффективности НИОКР существенно повышает качество оценки деятельности научно-исследовательских организаций и помогает учитывать мультипликативный эффект от внедрения разработок в производстве.

Внедрение показателя, характеризующего качество НИОКР, актуально и для вузов. Ежегодный мониторинг деятельности университетов РФ при определении результативности научно-исследовательской деятельности опирается исключительно на общий объем средств, привлеченных и потраченных на НИОКР и показатели публикационной активности научных сотрудников вуза (см. таблицу). Параметры, напрямую характеризующие качество исследований и разработок, отсутствуют.

Показатели мониторинга научно-исследовательской деятельности вузов Российской Федерации

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения
1	Количество цитирований публикаций, изданных за последние 5 лет, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science Core Collection в расчете на 100 НПП	ед.
2	Количество цитирований публикаций, изданных за последние 5 лет, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Scopus в расчете на 100 НПП	ед.
3	Количество цитирований публикаций, изданных за последние 5 лет, индексируемых в Российском индексе научного цитирования (далее — РИНЦ) в расчете на 100 НПП	ед.
4	Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science Core Collection, в расчете на 100 НПП	ед.
5	Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Scopus, в расчете на 100 НПП	ед.

Окончание таблицы

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения
6	Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования РИНЦ, в расчете на 100 НПП	ед.
7	Общий объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (далее — НИОКР)	тыс. руб.
8	Удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации	%
9	Удельный вес НИОКР, выполненных собственными силами (без привлечения соисполнителей), в общих доходах образовательной организации от НИОКР	%
10	Доходы от НИОКР (за исключением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, государственных фондов поддержки науки) в расчете на одного НПП	тыс. руб.
11	Количество лицензионных соглашений	ед.
12	Удельный вес средств, полученных образовательной организацией от использования результатов интеллектуальной деятельности, в общих доходах образовательной организации	%
13	Удельный вес численности НПП без ученой степени — до 30 лет, кандидатов наук — до 35 лет, докторов наук — до 40 лет, в общей численности НПП	%
14	Удельный вес научно-педагогических работников, защитивших кандидатские и докторские диссертации за отчетный период в общей численности НПП	%
15	Количество научных журналов, в том числе электронных, издаваемых образовательной организацией	ед.
16	Количество полученных грантов за отчетный год в расчете на 100 НПП	ед.

Оценка результатов деятельности научно-исследовательских организаций оборонно-промышленного комплекса является ответственным звеном системы управления. Она должна осуществляться по четкому набору ключевых показателей эффективности. Существует две точки зрения на этот счет: набор показателей должен быть исчерпывающим, дающим полное представление о деятельности предприятия; в наборе нужны лишь независимые показатели, характеризующие результативность деятельности предприятия, а не внутренние механизмы ее достижения. Учитывая, что чем меньше число показателей, тем однозначнее и строже оценка, целесообразно встать на вторую точку зрения. К тому же постоянно увеличивающаяся детальность отчетности предприятий перед органами исполнительной власти неизбежно приводит к разрастанию аппарата управления и повышению накладных расходов,

но при этом не способствует повышению качества управленческих решений, а подчас и вовсе не находит своего использования [8].

В общем плане можно выделить следующие комплексные показатели оценки качества работы организаций оборонно-промышленного комплекса, ведущих НИОКР: полноценное выполнение государственного оборонного заказа и контрактов по линии военно-технического сотрудничества — необходимые условия обеспечения безопасности государства и конкурентоспособности на мировом рынке (реализация миссии); интенсивность и результативность разработок продукции (гражданского назначения — условие стабилизации при вариации объемов государственного оборонного заказа и военно-технического сотрудничества. Возрастное распределение персонала — обобщенный показатель, характеризующий стабильность и устойчивость предприятия, уровень заработной платы, перспективы повышения квалификации, карьерного роста и социальные условия.

При расчете качественного показателя НИОКР целесообразно рассчитывать индекс производительности рабочей силы, как показатель, интегрирующий планируемый эффект от внедрения результатов исследовательской деятельности на производстве. Объемы выручки, прибыли, уровня технологического перевооружения и других традиционно используемых параметров в той или иной степени они все проявляются в перечисленных выше комплексных характеристиках. Подход, основанный на сборе большого числа показателей, характеризующий все стороны и аспекты деятельности предприятия, может найти рациональное применение при сравнении предприятий путем построения рейтинговой системы.

Представленные в статье алгоритм и метод формирования системы показателей деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса, действовавших в НИОКР, могут служить основой для осуществления комплексного подхода к оценке финансово-экономического состояния, мобилизационной готовности предприятий оборонно-промышленного комплекса, уровня научно-технического развития.

Литература

- [1] Меньшиков В.В., Козлов Г.В., Ерошин С.Е. Оценка эффективности деятельности предприятий оборонного концерна. *Электронная промышленность*, 2005, № 3, с. 66–73.
- [2] Меньшиков В.В., Козлов Г.В., Ерошин С.Е. Метод построения рейтинговой системы оценок. *Вестник машиностроения*, 2007, № 9, с. 73–76.
- [3] Ерошин С.Е. *Разработка организационной системы оперативного мониторинга производственно-технологической деятельности и управления дочерними предприятиями оборонно-промышленного объединения*: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009.
- [4] Меньшиков В.В., Козлов Г.В., Кутузов И.В. Модельный анализ возрастной динамики кадровой структурной предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Промышленная политика в Российской Федерации*, 2008, № 6, с. 61–66.

- [5] Козлов Г.В., Ерошин С.Е. Проблемные звенья и точки роста в российской системе науки и образования. *Экономические стратегии*, 2016, т. 18, № 8, с. 84–91.
- [6] Ерошин С.Е., Козлов Г.В. Оценка эффективности деятельности исследователей в различных секторах науки. *Экономические стратегии*, 2016, т. 18, № 2, с. 116–123.
- [7] Климентов Г.А. *Вопросы методологии измерения производительности и интенсивности труда*: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Л., 1972.
- [8] Новиков Я.В. Ответственность в системе управления. *Экономические стратегии*, 2016, № 4, с. 8–11.

Formation of a System for Monitoring the Activities of Organizations Defense-Industrial Complex

© Eroshin S.E.¹
Klimentov G.A.²

s.eroshin@nocvko.ru

¹Scientific and educational center of aerospace defense “Almaz-Antey”,
Moscow, 121471, Russia

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The issues of development of software applications allowing to carry out operational monitoring of the state of defense industry enterprises are discussed. The main focus is on identifying significant parameters for the activities of organizations. Efficiency of application of rank statistics for determination of weight coefficients of various parameters used in complex estimation is shown. Based on the iterative method of determining factor loads and correlation analysis, a set of indicators of the activities of developing defense industry enterprises is proposed, the accounting of which increases the information effectiveness of integrated assessments.

Keywords: efficiency, military-industrial complex, indicators, weights, rank statistics, productivity

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-018

Роль жизненного цикла продукта в деятельности промышленного предприятия

© Захаров Федор Павлович
Красникова Анастасия Сергеевна

zaharo.fedya16@yandex.ru
krasnikovaas@bmstu.ru

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

Исследованы подходы к определению «жизненный цикл продукта» и изучены его стадии. Выявлена роль жизненного цикла продукта в рамках единой системы управ-

ления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции. Предложенный подход позволит обеспечить интегрированную поддержку в формировании и трансформации структуры всего жизненного цикла рассмотренных понятий на протяжении всех этапов.

Ключевые слова: жизненный цикл продукта, жизненный цикл предприятия, система управления полным жизненным циклом

В рамках реализации указов Президента России «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов, и модернизации оборонно-промышленного комплекса» [1, 2] организована работа по созданию системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) высокотехнологичной продукции машиностроения гражданского и военного назначения, что предопределяет необходимость решения многочисленных научных и организационных задач, в том числе решение проблем управления сложной высокотехнологичной продукцией с многоуровневыми жизненными циклами. Научные разработки, которые ведутся в нашей стране и за рубежом в данном направлении ориентированы, прежде всего, на решение проблем СУПЖЦ, а именно, недостаточный опыт и отсутствие требуемых условий для интеграции и эффективного взаимодействия с заказчиками, с широким кругом соисполнителей со всеми заинтересованными лицами всех категорий, вовлеченных в процессы СУПЖЦ, недостаточная проработка их ролей, требований к ним, функциональных задач и их обязанностей на протяжении всего жизненного цикла; накопленный практический опыт решения задач по оптимизации управления полным жизненным циклом сложных технических изделий зачастую обсуждается лишь в рамках отдельных отраслей [3–5]. В условиях рыночной экономики жизненный цикл продукта и предприятия имеет существенное значение в структуре СУПЖЦ. В зависимости от стадий жизненного цикла обоих понятий необходимо применять различные организационно-управленческие и экономические решения. Подходы к определению понятия «жизненный цикл продукта» представлены в табл. 1.

Обзор научной литературы позволил выявить различные подходы к определению стадий жизненного цикла продукта (табл. 2).

Рассмотрим подробно стадии жизненного цикла продукта согласно ИСО 9004-1. На первой стадии жизненного цикла продукта выявляются предпочтения и требования потребителей к предполагаемой продукции предприятия. На второй стадии происходит обработка различной информации (маркетинговой, научно-технической, технологической и др.), связанной со всеми свойствами и особенностями продукта, а также предложение рекомендаций по его созданию. На третьей стадии возникает потребность в приобретении оборудования, инструментов, средств контроля, которые необходимы для изготовления продукции; анализ различных вариантов производства и созда-

ние необходимых условий для обеспечения оптимальной загрузки имеющегося оборудования для производства продукции. На четвертой стадии проводится анализ и выбор поставщиков для приобретения сырья и материалов и необходимых ресурсов для производства продукции. От работы поставщиков во многом зависят качество и безопасность производимой продукции, ее соответствие требованиям потребителей. После этого происходит непосредственно сам процесс производства.

Следующий этап связан с упаковкой готового продукта и хранением, которые должны способствовать сохранению всех основных свойств и качества товара [14]. Далее стадия, отвечающая за доведение готового продукта до конечного потребителя и контролем деятельности, связанной с отгрузкой, погрузкой и транспортировкой. Стадия «Ввод в эксплуатацию» подразумевает приобретение и использование потребителем товара в своих целях и от того, как именно он будет это делать, зависит срок службы продукции. «Обслуживание и техническая поддержка» заключается в организации сервисной сети, которая будет заниматься поставкой необходимых запасных частей и ремонтом товара. Последняя стадия жизненного цикла является особенно важной, так как необходимо проанализировать все варианты утилизации и переработки используемой продукции для минимального ущерба окружающей среде.

Таблица 1

Подходы к определению «жизненный цикл продукта»

Автор	Определение
Б.А. Разбейрг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева	Период времени, в течение которого товар пользуется спросом и приносит доход [6]
ИСО 9004-1	Совокупность процессов во времени возникновения потребностей общества в данной конкретной продукции до удовлетворения этих потребностей и утилизации бывшего в употреблении товара [7]
Л.Ф. Давлетбаева	Совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния товара, в течение которого он пользуется спросом и приносит доход [8]
Н.В. Забабурина, Р.Г. Хачатурян	Концепция, которая пытается описать сбыт продукта, прибыль, потребителей, конкурентов и стратегию маркетинга с момента поступления товара на рынок и до его снятия с рынка [9]

Жизненный цикл продукта позволяет определить временные рамки всего проекта, оценить суммарные затраты и стоимость каждой стадии, а также грамотно структурировать деятельность, связанную с реализацией каждого этапа жизненного цикла предприятия. Кроме этого, предложенный подход позволит

обеспечить интегрированную поддержку в формировании и трансформации структуры всего жизненного цикла рассмотренных понятий на протяжении всех этапов.

Таблица 2

Систематизация стадий жизненного цикла товара

Авторы	Число стадий	Наименования стадий
Ф. Котлер, К. Келлер	4	1) внедрение; 2) рост; 3) зрелость; 4) спад [10]
А.Н. Романов, Ю.Ю. Корлюгов, С.А. Красильников	5	1) внедрение; 2) рост; 3) зрелость; 4) насыщение; 5) спад продаж [11]
Г.Л. Багиев, В.М. Тарасевич	6	1) разработка товара; 2) выход товара на рынок; 3) рост продаж; 4) зрелость; 5) насыщение рынка; 6) спад продаж [12]
В.А. Алексунин	7	1) период разработки товара; 2) выход товара на рынок; 3) рост продаж; 4) зрелость; 5) насыщение рынка; 6) спад продаж; 7) уход с рынка [13]
ИСО 9004-1	11	1) маркетинговые исследования; 2) опытно-конструкторские работы; 3) материально-техническое снабжение; 4) подготовка производства; 5) производство; 6) контроль; 7) испытания; 8) упаковка и хранение; 9) реализация и распределение; 10) монтаж и эксплуатация; 11) техническая помощь и обслуживании; утилизация [5]

Литература

- [1] Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/71451998/> (дата обращения 18.03.2021).
- [2] Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов, и модернизации оборонно-промышленного комплекса». URL: <https://base.garant.ru/70170938/> (дата обращения 18.03.2021).
- [3] Ганус Ю.А., Старожук Е.А. Модель ключевой компетенции как базовая методика управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в долгосрочной перспективе. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1111–1134.
- [4] Мельников О.Н., Есипенко Д.А., Алабужев Д.С. Расширение подходов к процессу управления жизненным циклом продукции при диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1301–1310.
- [5] Подольский А.Г., Бабкин А.В., Родин А.А. Методические подходы к формированию стоимостных и временных параметров жизненного цикла высокотехнологичной продукции военного назначения. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1347–1364.
- [6] Разбейрг Б.А. Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. *Современный экономический словарь*. М., ИНФРА-М, 2011.
- [7] ИСО 9004-1. URL: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook427/01/ISO-9004-2001.pdf> (дата обращения 18.03.2021).
- [8] Давлетбаева Л.Ф. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 2010, № 13, с. 26–30.
- [9] Забабурина Н.В., Хачатурян Р.Г. Маркетинговые исследования на разных этапах жизненного цикла товара: понятие, сущность, практическая значимость. *Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф.* М., 2017. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29789216> (дата обращения 18.03.2021).
- [10] Котлер Ф., Келлер К. *Маркетинг менеджмент*. СПб., Питер, 2007.
- [11] Романов А.Н., ред. *Маркетинг*. М., Банки и биржи, 1995.
- [12] Багиев Г.Л., ред. *Маркетинг*. СПб., 2010.
- [13] Алексунин В.А. *Маркетинг в отраслях и сферах деятельности*. М., Дашков и К, 2019.
- [14] Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Организационный подход при управлении качеством продукции на различных этапах ее жизненного цикла. *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: Тр. междунар. конф.* М., 2015. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25421540_67879769.pdf (дата обращения 18.03.2021).

The Role of Product Life Cycle in the Activities of an Industrial Enterprise

© Zaharov F.P.
Krasnikova A.S.

zaharo.fedya16@yandex.ru
krasnikovaas@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

Approaches to the definition of “product life cycle” are investigated and its stages are studied. The role of the product life cycle in the framework of a unified management system for the full life cycle of high-tech products is revealed. The proposed approach will provide integrated support in the formation and transformation of the structure of the entire life cycle of the considered concepts throughout all stages.

Keywords: product life cycle, enterprise life cycle, full life cycle management system

УДК 338.28

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-019

Жизненные циклы электронного правительства

© Икренников Максим Сергеевич
Прокудин Владимир Николаевич
Болотнов Альберт Сергеевич

ikrennikov@yandex.ru
prokvlad@bmstu.ru
bolotnovalbert@mail.ru

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

С ростом цифровизации и числом граждан, свободно владеющими компьютером на пользовательском уровне, растет использование электронного правительства. В области электронного правительства относятся такие сайты как gosuslugi.ru, mos.ru, iknpd.nalog.ru и др. Эти сайты позволяют значительно ускорить и упростить получение различных услуг для населения и сократить расходы для государства. Жизненный циклы электронного правительства состоит из трех жизненных циклов: 1) жизненный цикл услуги; 2) жизненный цикл программного продукта; 3) жизненный цикл аппаратуры.

Ключевые слова: электронное правительство, цифровизация, электронные услуги гражданам, улучшение электронных услуг, жизненный цикл, информационная безопасность

В последнее время становится популярными электронный документооборот, дистанционное (электронное) записи и получение справок и выписок. Из-за эпидемиологической обстановки в мире этот процесс значительно ускорился, так как людям стало тяжело получать привычные услуги в привычной форме. Совокупность возможностей получать эти услуги при помощи технических средств называется электронным правительством. Жизненный цикл любого

обращения гражданина начинается в момент подачи, а заканчивается принятием решения по его вопросу [1].

Если жизненный цикл устройств и программных продуктов стремятся, как правило, сделать как можно дольше, то главной задачей электронного правительства сделать этот цикл, как можно меньше. Для уменьшения времени рассмотрения сначала отказывались от письменных (бумажных) носителей, так как они доставляли много проблем при хранении и оперативного получения (связанного с поиском) требуемой информации. Из жизненного цикла практически полностью исчезло время на поиск, источника информации, исходя из которого принимается решение. На их смену пришли электронные документы с базами данных. Время поиска значительно сократилось, но человеку все еще требуется время для восприятия информации при принятии решения. Здесь появляются идеи использовать искусственный интеллект, для принятия решений, но возникает довольно много этических моментов в том числе и недоверие определенных групп граждан к нему.

Жизненный цикл оборудования для электронного правительства тоже не является очень продолжительным и составляет для серверов пять лет [2]. Кроме поломок и негарантированной дальнейшей работы появляется проблема морального устаревания оборудования, но это не исключает возможного работы оборудования в течение времени, превышающего 10 лет. В 1990-х и 2000-х годов полупроводниковые технологии развивались достаточно стремительно, чтобы ресурсы оборудования не успевали выработаться до их устаревания в плане параметров. Сейчас был достигнут практический максимум кремневой технологии по частотам и развитие идет только в количество ядер, но кратное увеличение ядер не дает кратное увеличение производительности.

Жизненный цикл программного обеспечения вечен, так как меняются постановления, законы, на основании которых оказываются услуги, добавляются новые и убираются старые возможности. Примером такой услуги мы стали свидетелями весы 2020 г., когда для поездки куда-то требовалось специальная бумага, которую мы получали, воспользовавшись серверами электронного правительства. В программную часть кроме самих услуг также должно входить мониторинг (обезличенный), того, как человек посещал сайт, на каких разделах останавливался и т. д. Так как это позволяет дальше развиваться программному обеспечению, делать его более понятным для граждан.

Эффективность построения электронного правительства можно рассматривать исходя из пяти основных критериев:

- сложность подачи обращение (на сколько гражданин понимает, что ему надо выбрать и куда нажимать);
- время рассмотрения обращения (напрямую связан с жизненным циклом оказываемой услуги);
- охват (число/процент услуг, которые может получить гражданин, онлайн не приходя в соответствующий орган);

- конфиденциальность (необходимость предотвращения распространения персональных данных);
- безопасность (входит как безопасность как таковая, так и доверие граждан).

За сложность подачи обращения практически полностью отвечает программное обеспечение. Случается, что гражданин либо не совсем правильно понимает, то, чего он хочет, либо не может правильно понять название услуги. Для выхода из этой ситуации ему требуется обратная связь. Ситуация становится значительно хуже (в плане времени рассмотрения), если гражданин выбирает категорию «другое» и «опишите проблему». Это проблема как неправильной организации программного обеспечения (в плане наличия этого решения или не совсем корректного названия), так и обратной связи. Если в течение долго времени и довольно часто на одну и ту же «проблему» идет «другое» и «опишите проблему», значит нарушен жизненный цикл программного обеспечения электронного правительства, так как оно не адаптируется. Кроме того, запросы вида «другое» занимают больше времени у принимающего решения органы, что увеличивает время рассмотрения и других запросов.

Примером не очень хорошей организации программного обеспечения является длинный список вариантов постановлений или услуг с довольно близкими названиями. Как вариант некоего упрощения для граждан можно рассматривать укрупнение категорий, а дальнейшим развитием внутри категории может заниматься искусственный интеллект. Так как он не принимает решения этической проблемы возникнуть не должно.

Время рассмотрения обращения с ростом цифровизации в целом сокращается, так как увеличивается скорость доставки от гражданина к органу, принимающему решения. Дальнейшее ускорение возможно только при замене человека на искусственный интеллект. Начинать необходимо с передачи отдельных функций, например, по проверке предоставляемых гражданином данных или передачи категории услуг, где отсутствует высокая вариативность.

Проблема охвата сильно связана со сложностью структуры. Добавления большого количества «редко используемых» услуг в сервисы электронного правительства должна, с одной стороны, значительно ускорить работу, так как уменьшится «другое» и «опишите проблему». Но при высокой сложности системы и не очень хорошей обратной связи система рухнет, так как добавление новых услуг будет вызывать не сокращение категории «другое», а его увеличение, так как не разобравшись люди будут отправлять туда все больше и больше.

Проблема цифровой безопасности защиты личных данных и их неприкосновенность часто поднимаются в современном мире. Можно хотя бы вспомнить реакцию общественности на то, что WhatsApp будет делиться данными с головной компанией (Facebook). В результате чего бы зафиксирован резкий переход граждан на другие мессенджеры, например Telegram [3].

Следующей проблемой безопасности, которая влияет косвенно на имидж электронного правительства и госуслуг, в частности, это мошеннические

письма якобы от этой организации о социальных выплатах [4, 5]. В большинстве случаев подобные письма отправляются в спам, и граждане на них не реагируют. Но по закону больших чисел, из-за доверчивости, неправильных настроек почты и использования одинаковых паролей на разных сайтах в течение длительного времени некоторые граждане раскрывают персональные данные и тем самым нарушают безопасность. С развитием таких технологий как электронная подпись и электронный документооборот можно ожидать преступных действий, направленных на незаконное получение имущества, при помощи договоров дарения при подписании документов при помощи цифровой подписи.

Для электронного правительства и государства — это скорее репутационные потери, так как с древних времен фальшивомонетчество наказывалось одним из самых сильных образом, так как подрывало веру в государство (или правителя выпускавшему данную монету) [6]. Так и подобные действия с письмами бросают вызов государству, так как мошенники творят свои дела, прикрываясь государством.

Литература

- [1] Акаткин Ю.М., Ясиновская Е.Д. *Цифровая трансформация государственного управления. Датацентричность и семантическая интероперабельность*. М., ДПК Пресс, 2018.
- [2] Постановление правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 (ред. от 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизированные группы». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34710 (дата обращения 20.03.2021).
- [3] *Цифровая миграция? Почему люди стали покидать Facebook и WhatsApp*. URL: <https://www.m24.ru/articles/tehnologii/15012021/157597> (дата обращения 20.03.2021).
- [4] *Мошенники стали обманывать россиян под видом выплат с «Госуслуг»*. URL: <https://ria.ru/20210303/moshennichestvo-1599688339.html> (дата обращения 20.03.2021).
- [5] *Жулики маскируются под «Госуслуги»: как отличить письма мошенников от официальных сообщений*. URL: <https://www.kp.ru/daily/27247/4376879/> (дата обращения. 20.03.2021).
- [6] *Yuval Noah Harari Sapiens. A Brief History of Humankind*. М., Синдбад, 2016.

Electronic Government Life Cycles

© | Ikrennilov M.S.
Prokudin V.N.
Bolotnov A.S.

ikrennikov@yandex.ru
prokvlad@bmstu.ru
bolotnovalbert@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

With the growth of digitalization and the number of citizens who are fluent in computers at the user level, the use of e-government is growing. In the field of e-government, there are such sites as: gosuslugi.ru, mos.ru, iknpd.nalog.ru and D. R. These sites allow you to sig-

nificantly speed up and simplify the receipt of various services for the population and reduce costs for the state. The life cycle of e-government consists of three life cycles: 1) the service life cycle; 2) the software product life cycle; 3) the hardware life cycle.

Keywords: e-government, digitalization, electronic services to citizens, improving electronic services, life cycle, information security

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-020

Управление жизненным циклом инновационных продуктов

© | Ильин Сергей Юрьевич

i.sergey777@gmail.com

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, 125993, Россия

Представлен авторский инструментарий по оценке показателей управления инновационными продуктами через методики определения изменения результата и затрат под влиянием результативности и затратности с учетом их полного жизненного цикла.

Ключевые слова: управление, инновационные продукты, жизненный цикл, приведенные доходы, приведенные расходы, приведенная прибыль будущих периодов

Современный этап развития менеджмента ознаменован высокими темпами научно-технических достижений, оказавших существенное влияние на модификацию структуры производительных сил, составляющих ядро экономического потенциала хозяйствующих субъектов [1]. Ее модификация проявляется в том, что темпы производительности труда, особенно овеществленного характера, наряду с ресурсными факторами тесно зависят от технологического и управленческого факторов хозяйственной деятельности, играющих ключевую роль в эффективности и интенсификации воспроизводственных процессов [2]. Отсюда наиболее ликвидной продукцией, пользующейся первичным спросом со стороны целевых клиентов, прежде всего, занимающихся выпуском товаров и оказанием услуг, являются инновационные продукты, активно участвующие в предельной максимизации результата и предельной минимизации затрат, и руководству хозяйствующих субъектов необходимо применять их с наивысшей степенью полезности для получения наилучшей финансовой выгоды без вмененных издержек [3].

В силу вышесказанного автор приходит к выводу о целесообразности разработки инструментария по управлению жизненным циклом инновационных продуктов. Данный инструментарий должен опираться на методики оценки результативности (прибыльности) и затратности (расходности) мероприятий в сфере оперирования их периодом и воздействия обоих показателей эффектив-

ности на изменение результата и затрат (интенсификацию), отражающих финансовую выгоду. Поэтому проводимое исследование сконцентрируем на этапах, порождающих соответствующие инновационные издержки, с которыми следует сопоставлять получаемую прибыль (экономический эффект) и на их основе рассчитывать результативность и затратность (прямую и косвенную эффективность по прибыли) и изменение результата и затрат (прямую и косвенную интенсификацию по прибыли). Безусловно, результат и затраты нужно привести к единому (текущему) временному интервалу ввиду того, что учитываемые доходы и расходы при расчете эффективности инновационных продуктов проходят несколько этапов (исследование и разработку, изготовление, реализацию, эксплуатацию, утилизацию) общей продолжительностью более, чем годовой цикл. Соответственно, методики исчисления показателей эффективности инновационных продуктов путем непосредственного и опосредованного сопоставления приведенной прибыли и приведенных расходов будущих периодов принимают следующий вид:

$$\text{Эф}_{\text{инпр}} = \frac{D_{\text{бпп}} - P_{\text{бпп}}}{P_{\text{ирп}} + P_{\text{ип}} + P_{\text{рп}} + P_{\text{эп}} + P_{\text{уп}}}, \quad (1)$$

где $\text{Эф}_{\text{инпр}}$ — совокупная эффективность инновационных продуктов по результативности; $D_{\text{бпп}}$ — приведенные доходы будущих периодов, руб.; $P_{\text{бпп}}$ — приведенные расходы будущих периодов, руб.; $P_{\text{ирп}}$ — приведенные расходы на исследование и разработку инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{ип}}$ — приведенные расходы на изготовление инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{рп}}$ — приведенные расходы на реализацию инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{эп}}$ — приведенные расходы на эксплуатацию инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{уп}}$ — приведенные расходы на утилизацию инновационных продуктов, руб.;

$$\text{Эф}_{\text{инпз}} = \frac{P_{\text{ирп}} + P_{\text{ип}} + P_{\text{рп}} + P_{\text{эп}} + P_{\text{уп}}}{D_{\text{бпп}} - P_{\text{бпп}}}, \quad (2)$$

где $\text{Эф}_{\text{инпз}}$ — совокупная эффективность инновационных продуктов по затратности; $P_{\text{ирп}}$ — приведенные расходы на исследование и разработку инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{ип}}$ — приведенные расходы на изготовление инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{рп}}$ — приведенные расходы на реализацию инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{эп}}$ — приведенные расходы на эксплуатацию инновационных продуктов, руб.; $P_{\text{уп}}$ — приведенные расходы на утилизацию инновационных продуктов, руб.; $D_{\text{бпп}}$ — приведенные доходы будущих периодов, руб.; $P_{\text{бпп}}$ — приведенные расходы будущих периодов, руб.

Из них вытекают методики исчисления показателей интенсификации инновационных продуктов, построенные через метод дифференцирования и интегрирования функций, дающий возможность точно оценить параметры изменения результата и затрат, имеющих отношение к управлению инновационным продуктом:

$$И_{инпр} = d \left[\frac{D_{бпп} - P_{бпп}}{P_{ирп} + P_{ип} + P_{рп} + P_{эп} + P_{уп}} \right] \cdot \left[\int \Sigma(\Delta P_{бпп}) dx + d(P_{бпп}) \right], \quad (3)$$

где $И_{инпр}$ — совокупная интенсификация инновационных продуктов по результативности, руб.; $d \left[\frac{D_{бпп} - P_{бпп}}{P_{ирп} + P_{ип} + P_{рп} + P_{эп} + P_{уп}} \right]$ — приращение совокупной эффективности инновационных продуктов по результативности; $\int \Sigma(\Delta P_{бпп}) dx$ — исходный размер приведенных расходов будущих периодов, руб.; $d(P_{бпп})$ — приращение приведенных расходов будущих периодов, руб.;

$$И_{инпз} = d \left[\frac{P_{ирп} + P_{ип} + P_{рп} + P_{эп} + P_{уп}}{D_{бпп} - P_{бпп}} \right] \cdot \left[\int \Sigma(\Delta \Pi_{бпп}) dx + d(\Pi_{бпп}) \right], \quad (4)$$

где $И_{инпз}$ — совокупная интенсификация инновационных продуктов по затратности, руб.; $d \left[\frac{P_{ирп} + P_{ип} + P_{рп} + P_{эп} + P_{уп}}{D_{бпп} - P_{бпп}} \right]$ — приращение совокупной эффективности инновационных продуктов по затратности; $\int \Sigma(\Delta \Pi_{бпп}) dx$ — исходный размер приведенной прибыли будущих периодов, руб.; $\Delta(\Pi_{бпп})$ — приращение приведенной прибыли будущих периодов, руб.

Попарно каждый из двух показателей необходимо сопоставлять с показателями экстенсификации, тоже влияющими на изменение результата и затрат, но не за счет качественных (интенсивных), а за счет количественных (экстенсивных) факторов:

$$Э_{инпр} = d(P_{бпп}) \cdot \int \Sigma \left(\frac{\Delta D_{бпп} - \Delta P_{бпп}}{\Delta P_{ирп} + \Delta P_{ип} + \Delta P_{рп} + \Delta P_{эп} + \Delta P_{уп}} \right) dx, \quad (5)$$

где $Э_{инпр}$ — совокупная экстенсификация инновационных продуктов по результату, руб.; $d(P_{бпп})$ — приращение приведенных расходов будущих периодов, руб.; $\int \Sigma \left(\frac{\Delta D_{бпп} - \Delta P_{бпп}}{\Delta P_{ирп} + \Delta P_{ип} + \Delta P_{рп} + \Delta P_{эп} + \Delta P_{уп}} \right) dx$ — исходная совокупная эффективность инновационных продуктов по результативности;

$$Э_{инпз} = d(\Pi_{бпп}) \cdot \int \Sigma \left(\frac{\Delta P_{ирп} + \Delta P_{ип} + \Delta P_{рп} + \Delta P_{эп} + \Delta P_{уп}}{\Delta D_{бпп} - \Delta P_{бпп}} \right) dx, \quad (6)$$

где $Э_{инпз}$ — совокупная экстенсификация инновационных продуктов по затратам, руб.; $\Delta(\Pi_{бпп})$ — приращение приведенной прибыли будущих периодов, руб.

дов, руб.; $\int \Sigma \left(\frac{\Delta P_{ирп} + \Delta P_{ип} + \Delta P_{рп} + \Delta P_{эп} + \Delta P_{уп}}{\Delta D_{бпп} - \Delta P_{бпп}} \right) dx$ — исходная совокуп-

ная эффективность инновационных продуктов по затратности.

Сравнив друг с другом размеры показателей, рассчитанных по формулам (3), (5), и размеры показателей, рассчитанных по формулам (4), (6), хозяйствующие субъекты выявят, качественные или количественные факторы (изменение совокупной эффективности по результативности и затратности или изменение приведенных расходов и приведенной прибыли будущих периодов) оказывают более существенное воздействие на извлечение финансовой выгоды.

Авторский инструментарий в области управления жизненным циклом инновационных продуктов отвечает общим классическим постулатам, так как не расходится с устоявшимися научными трактовками сущности и содержания категорий «эффективность» и «интенсификация» и предусматривает детализированные аддитивные, мультипликативные, кратные зависимости, адаптированные к данной хозяйственной сфере, потому состоятелен и респектабелен. Применяя его в своей деятельности, хозяйствующие субъекты смогут объективно оценивать результативность и затратность инновационных продуктов и оптимально управлять ими, сочетая собственные и общественные интересы.

Литература

- [1] Ковтун М.А. Региональная экономическая политика в области инновационных технологий в управлении ресурсами. *Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации (Социальный инженер — 2019): Сб. матер. Всерос. конф.* М., ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019, с. 157–159.
- [2] Калабаева А.О. Теоретические основы разработки механизма устойчивого развития предприятия. *Экономинфо*, 2012, № 7, с. 9–13.
- [3] Павлов К.В. *Интенсификация экономики в условиях неопределенности рыночной среды.* М., Магистр, 2007.

The Management of Lifecycle Innovative Products

© | Ilyin S.Yu.

i.sergey777@gmail.com

Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, 125993, Russia

The article presents the author's tools for assessing the indicators of innovative product management through methods for determining changes in results and expenses under the influence of performance and expenses-effectiveness, taking into account their full life cycle.

Keywords: *management, innovative products, life cycle, reduced income, reduced expenses, reduced profit of future periods*

Задачи управления инженерными изменениями, вносимыми в конструкцию радиоэлектронных средств на этапах их жизненного цикла

© | Ирзаев Гамид Хайбулаевич

irzajev@mail.ru

ДГТУ, Махачкала, 367026, Россия

В работе установлено, что процессы внесения инженерных изменений в конструкцию и технологию радиоэлектронных средств обусловлены временными, модернизационными, конструкторско-технологическими и экономическими факторами и служат для улучшения технологичности и конкурентоспособности изделий. Детальный анализ и классификация источников изменений помогут разработать средства поддержки проектировщика для предотвращения ошибок в ходе конструирования.

Ключевые слова: *жизненный цикл, инженерное изменение, причина изменения, радиоэлектронное средство, технологичность*

Процессы отработки технологичности конструкций современных радиоэлектронных средств (РЭС) еще с ранних этапов жизненного цикла сопровождаются необходимостью внесения конструкторско-технологических (инженерных) изменений путем выпуска извещений и корректировок в бумажной или электронной версии документации [1, 2]. За термином «инженерные изменения» скрываются не только формализованные процессы внесения исправлений в комплект конструкторской документации, но и неструктурируемые, эвристические процессы генерирования идей, конструкторской проработки новых решений, изобретательства, согласования интересов потребителя и производителя.

Исследования, проведенные на предприятиях отрасли, показали, что поток извещений на изменения, являющихся документальным подтверждением проводимых конструкторско-технологических решений, формируется под влиянием многих факторов и имеет различную мощность в зависимости от этапа жизненного цикла конструкции [3]. В период освоения в изделие вносятся 40 % изменений, а на втором году серийного выпуска — более 30 %. Можно уверенно утверждать, что инженерные изменения возникают по мере пополнения знаний о свойствах, снятия неопределенности об изделии и чем раньше вносится изменение, тем оно дешевле в реализации (рис. 1).

Рассматривая инженерные изменения, необходимо принимать во внимание следующие факторы:

– *время:* с момента появления требования на изменение до его реализации проходит достаточно длительное время, в ходе которого требуется проработка и согласование изменения, оформление предварительных и окончательных документов в виде извещений;

– *модернизация*: многие разработки продуктов могут представлять собой усовершенствованные конструкции ранее освоенных изделий;

– *конструкция и технология*: изменения в конструкции изделия могут повлечь за собой изменения в технологии изготовления, применяемом оборудовании и оснастке, используемых материалах;

– *экономика*: инженерные изменения в конечном итоге должны положительно влиять на повышение конкурентоспособности предприятия, продажи продукции и снижение себестоимости изделия.

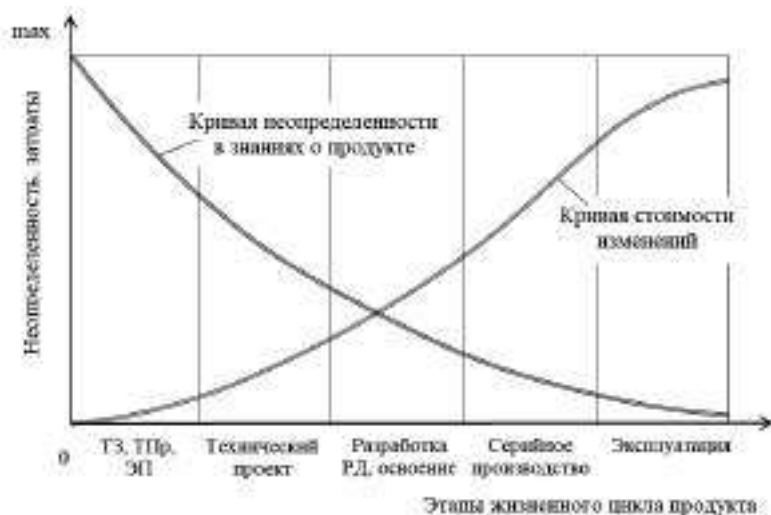


Рис. 1. Влияние знаний о продукте на стоимость вносимых изменений

Инженерное изменение — это изменение состояния изделия вследствие проведения обоснованных, согласованных и документированных действий по изменению конструкции или технологии изготовления изделия на любых стадиях его жизненного цикла с внесением регламентированных стандартами изменений в электронную конструкторско-технологическую документацию с целью улучшения технологичности, надежности и конкурентоспособности изделия на рынке.

Инициаторами инженерных изменений РЭС с корректировкой технической документации являются как внешние по отношению к предприятию, так и внутренние субъекты. При этом они руководствуются необходимостью улучшения эксплуатационно-технических характеристик изделий, снижения себестоимости за счет повышения технологичности конструкции и замены материалов на более дешевые, учета производственно-технологической базы и исправления ошибок, допущенных ранее в ходе проектирования конструкции. Анализ, проведенный в публикациях [2, 4], объясняет появление извещений такими причинами как недостаточный учет разработчиком специфици-

ческих производственно-технологических условий предприятия-изготовителя, необходимость внедрения, инновационных решений, повышение качества, надежности, безопасности, экологичности изделия.

Однако основанием для возникновения требований на изменения нередко служат и низкое качество конструкторско-технологических решений, и ошибки, допущенные при разработке документации. Таким образом, появление извещений вызвано в основном факторами, связанными с чрезмерно затратными, нетехнологичными решениями в конструкциях изделий радиоэлектроники. Более обобщенно можно сказать, что необходимость внесения инженерного изменения в изделие возникает, когда целевые свойства продукта больше не соответствуют его фактическим свойствам (рис. 2). Отклонение может иметь как внутренние, так и внешние причины.



Рис. 2. Контур управления инженерными изменениями в РЭС

Внутренние причины инженерных изменений в изделии — это внутренние инновации и улучшения продукта, знания, полученные в процессе производства, сборки и управления качеством, сообщения о внутренних ошибках, организационные изменения внутри предприятия, чрезмерно высокие затраты, ошибки проектирования, дефицит информации, недостаточная основа для принятия решений. Внешними причинами можно считать, например, появление новых материалов и технологий, изменения требований или тенденций рынка, запросов потребителей, улучшение аналогов у конкурентов, изменения комплектующих и компонентов, получаемых от поставщиков, изменения законов, стандартов, нормативно-технических документов, жалобы, отзывы и рекламации клиентов.

Анализ этих причин подчеркивает важность инженерных изменений как составной части процессов проектирования РЭС. Для лучшего изучения и оценки характеристик генерируемого источниками потока извещений необходимо более детальное рассмотрение причин возникновения требований на изменения, разработка классификационной системы их упорядочения по времени их возникновения на разных этапах жизненного цикла и разработка процессов поддержки проектировщика для предотвращения ошибок в ходе конструирования и освоения изделий радиоэлектроники.

Литература

- [1] Wildemann H. *Änderungsmanagement, Leitfaden zur Einführung eines effizienten Managements technischer Änderungen*. München, TCW Transfer-Centrum, 2006.
- [2] Ирзаев Г.Х. Модель прогнозирования конструкторско-технологических изменений в изделии на этапах освоения и серийного производства. *Системы. Методы. Технологии*, 2015, № 1, с. 86–93.
- [3] Ирзаев Г.Х. Анализ процессов внесения инженерных изменений в конструкцию радиоэлектронных средств на этапах проектирования и освоения серийного производства. *Вопросы радиоэлектроники*, 2016, № 11, с. 72–78.
- [4] Федоров В.К., Гвоздарев Р.С. Причины корректировки документации и внесения изменений в производство продукции машиностроения. *Вестник машиностроения*, 2011, № 8, с. 78–80.

Engineering Change Management Tasks, Introduced into the Construction of Radio Electronic Means at the Stages of their Life Cycle

© | Irzaev G.Kh.

irzajev@mail.ru

Dagestan State Technical University, Makhachkala, 367026, Russia

It is established in the work that the processes of making engineering changes in the design and technology of radio electronic means are due to temporary, modernization, design and technological and economic factors and serve to improve the manufacturability and competitiveness of products. Detailed analysis and classification of sources of change will help develop design support tools to prevent errors during design.

Keywords: *life cycle, engineering change, reason for change, radio electronic device, manufacturability*

УДК621.7

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-022

Цифровая трансформация конструкторско-технологической подготовки производства для строительства перспективной морской техники военного назначения

© | Киселева Анна Евгеньевна
Корзин Максим Михайлович
Спирidonов Александр Юрьевич

pkb92@sevmash.ru

АО «ПО «Северное машиностроительное предприятие», Северодвинск, 164500, Россия

Рассмотрены основные положения по внедрению цифровых технологий в конструкторско-технологическую подготовку производства и процессы изготовления изделий, а именно: моделирование конструкций и устройств; выпуск плазовой документации на основе модели; технология обратного проектирования; отработка кинематики сложных устройств; размерный контроль конструкций; моделирование производственных процессов.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства, 3D-моделирование, цифровая модель, реверс-инжиниринг, единое информационное пространство, плазовая документация, моделирование производственных процессов

В настоящее время в промышленности остро стоит вопрос повышения конкурентоспособности за счет сокращения сроков и стоимости изготовления продукции. Одним из важнейших путей повышения производительности труда и сокращения издержек является реализация программы правительства Российской Федерации «Цифровая экономика Российской Федерации» и проекта Министерства промышленности и торговли Российской Федерации «Цифровая промышленность», предусматривающих цифровую трансформацию основных производственных и управленческих процессов.

Учитывая особую значимость повышения эффективности производства в оборонной сфере, в АО «ПО «Северное машиностроительное предприятие» при участии центральных конструкторских бюро АО «ЦКБ МТ «Рубин», АО «СПМБМ «Малахит», АО «ЦМКБ «Алмаз» и АО «Северное ПКБ» была выполнена цифровая трансформация системы конструкторско-технологической подготовки производства с целью обеспечения строительства современного военно-морского флота.

На основе анализа существующей системы конструкторско-технологической подготовки и производства были определены основные направления работы:

- создание цифрового макета корабля;
- планово-технологическая подготовка и раскрой металла по цифровому макету;
- электронное макетирование судовых устройств, их кинематики и собираемости;

- электронная прокладка кабельных трасс и систем трубопроводов;
- гибка труб на станках с ЧПУ по информации с цифровой модели;
- моделирование производственных процессов погрузки крупногабаритного оборудования, закатки зональных блоков и стыковки отсеков;
- размерный контроль с использованием оптико-электронных средств измерения;
- обратное проектирование (реверс-инжиниринг);
- единое информационное пространство ЦКБ-верфь;
- обучение специалистов;
- совершенствование инфраструктуры предприятия.

В первую очередь были выполнены работы по созданию цифрового макета корабля, который включил в себя весь набор проектных данных. При этом электронная структура корабля была перевязана с его геометрической трехмерной моделью (рис. 1).

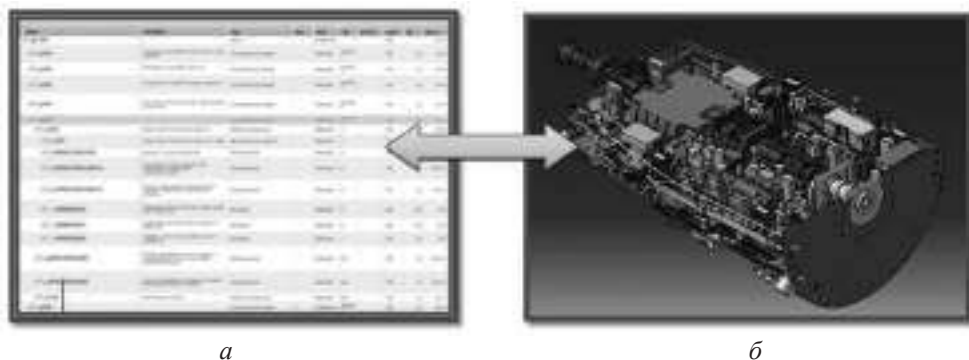


Рис. 1. Связь электронной структуры корабля с трехмерной геометрической моделью:
а — электронная структура корабля; *б* — 3D-модель отсека

Далее была разработана методика выполнения компоновки отсеков корабля с использованием созданного цифрового макета.

В результате осуществления компоновки по данной методике были существенно сокращены сроки отработки размещения:

- вварного насыщения;
- фундаментов и оборудования;
- крышек и щитов;
- систем трубопроводов и кабельных трасс;
- зон обслуживания и ремонта.

Так отработка конструкций корабля на цифровом макете по одному из проектов позволила снизить трудоемкость работ на стапеле на 6000 чел./смен, тем самым сократив сроки и стоимость строительства корабля.

Большой объем работ был выполнен в части разработки и внедрения метода детального моделирования изделий сложного судового машиностроения с целью проверки их работоспособности и собираемости (рис. 2).

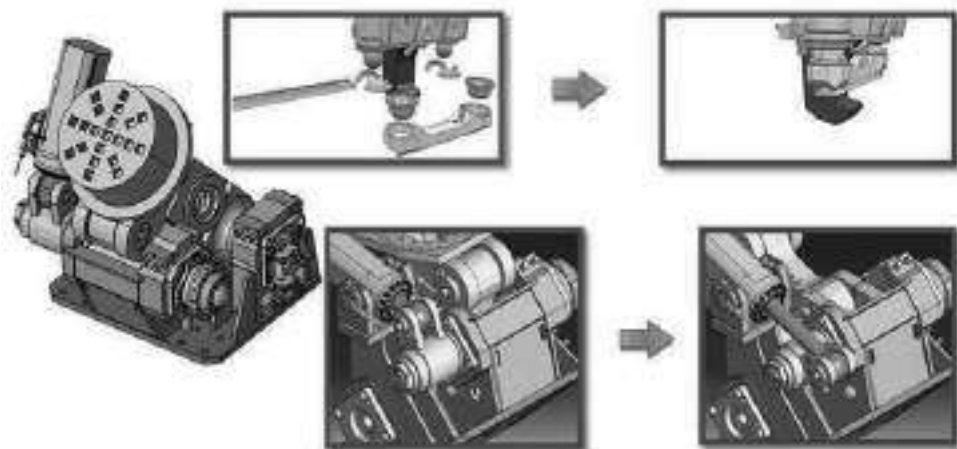


Рис. 2. Отработка кинематики и собираемости

Отработка данного метода выполнялась на изделиях машиностроения, изготавливаемых в АО «ПО «Северное машиностроительное предприятие». В результате было предотвращено более 1000 переделок на производстве, что позволяет судить о его высокой эффективности. В настоящее время метод используется при КТПП всех сложных изделий машиностроения новых проектов.

В процессе работ были опробованы и доработаны под требования производства инструменты выпуска ассоциативной конструкторской и технологической документации, включающей в себя чертежи, спецификации, ведомости, альбомы и т. д. Такая документация жестко связана с моделью, что позволяет исключать внутренние расхождения в проектных данных. В частности, был создан новый вид технологического документа по сборке и монтажу механизмов и комплексов (рис. 3), а также сборочные альбомы корпусных конструкций.

Параллельно с выполнением работ по разработке методов создания цифрового макета корабля проходило внедрение новой системы плазмотехнологической подготовки и раскроя металла на основе трехмерных моделей корпуса.

В процессе отработки было выпущено 225 трехмерных моделей, на основе которых в дальнейшем была разработана плазменная документация и произведен раскрой металла (рис. 4).

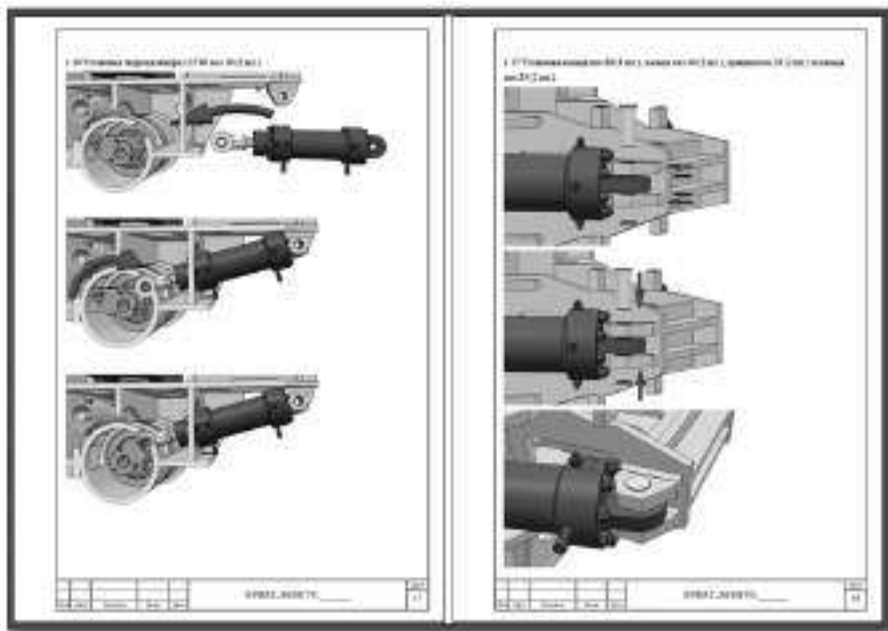


Рис. 3. Пример сборочного альбома устройства

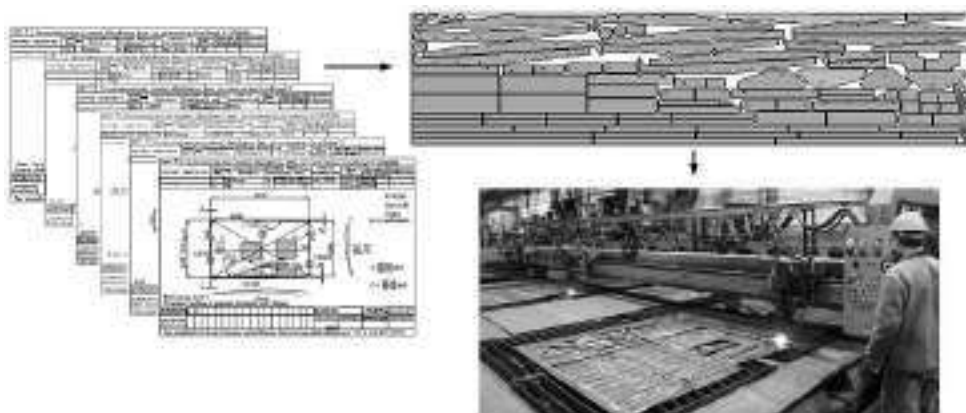


Рис. 4. Плазменная подготовка и раскрой металла

Отработанный метод внедрен при строительстве корабля специального назначения, плавучего дока и энергетического блока. Новая система показала свою высокую эффективность в сравнении с использованием традиционных подходов. Как следует из таблицы, число вопросов производства сократилось более чем в 8 раз.

Сравнение количества замечаний производства к плазовой документации, выпущенной по трехмерной модели и традиционным способом

Способ выпуска документации	Традиционный		По трехмерной модели
	«Б»	«Я»	
Проект	«Б»	«Я»	«К»
Количество вопросов производства	828	864	101

С целью изготовления конструкций и компоновки помещений в «точной геометрии» были внедрены новые методы технологических и контрольных измерений современными оптико-электронными средствами. В частности, была осуществлена закупка лазерных измерительных комплексов.

При помощи данных методов было выполнено большое число работ по отработке технологий размерного контроля координат размещения и геометрических размеров корпусных конструкций корабля, зональных блоков, систем трубопроводов, кабельных трасс и их креплений, изделий судового машиностроения, оборудования и др.

С использованием новых комплексов были разработаны и освоены методы реверсного инжиниринга. В том числе была учтена специфика подводной техники.

Применение реверсного инжиниринга включило в себя создание с использованием современных способов измерения реверсивной электронной модели корабля в виде цифровых копий его составных частей, включая трубопроводы, кабельные трассы и оборудование. Основным направлением дальнейшего использования реверсивной модели стал выпуск на ее основе производственной конструкторской документации, дополняющей и детализирующей РКД проектанта и в точности повторяющей изготовленные конструкции.

На серийных заказах реверс-инжиниринг позволил контролировать геометрические отклонения конструкций от теоретических 3D-моделей и принимать оперативные решения, сводящие до минимума переделки на заказе (рис. 5).

Реверсный инжиниринг показал свою высокую эффективность в решении задач конструкторско-технологической подготовки производства. Он дал возможность посредством лазерного сканирования фиксировать решения, принятые при строительстве головного корабля, и выпускать на серию РКД с точными координатами размещения кабельных трасс, трубопроводов и оборудования, а также данные для автоматизированной гибки труб на станках с ЧПУ. Актуализированная данным методом проектная цифровая модель используется на дальнейших стадиях жизненного цикла корабля.



Рис. 5. Совмещение теоретической модели (*синяя*) и модели, полученной по результатам реверсного проектирования (*желтая*)

С целью оптимизации процессов погрузки крупногабаритного оборудования (КГО), формирования корпуса заказа, закатки зональных блоков, стыковки отсеков и др. были разработаны и внедрены методы компьютерного моделирования производственных процессов (рис. 6). Моделирование данных операций решает задачу определения оптимальной последовательности и маршрута погрузки оборудования. Все процессы разбиваются на простейшие перемещения отдельных элементов конструкций по заданной траектории, в результате чего формируется диаграмма Перта (рис. 7) и графики выполнения работ по погрузке КГО, вскрытию/закрытию технологических вырезов и стыковке отсеков (рис. 8). Эти графики, в свою очередь, передаются в общезаводскую систему планирования и транслируются в общий график постройки заказа.

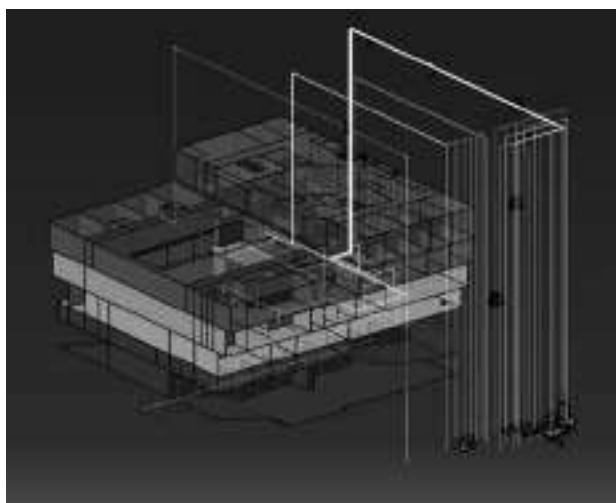


Рис. 6. Моделирование производственных процессов

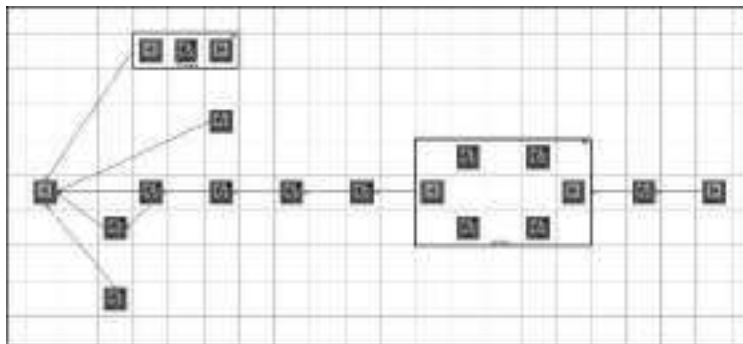


Рис. 7. Диаграмма Перта

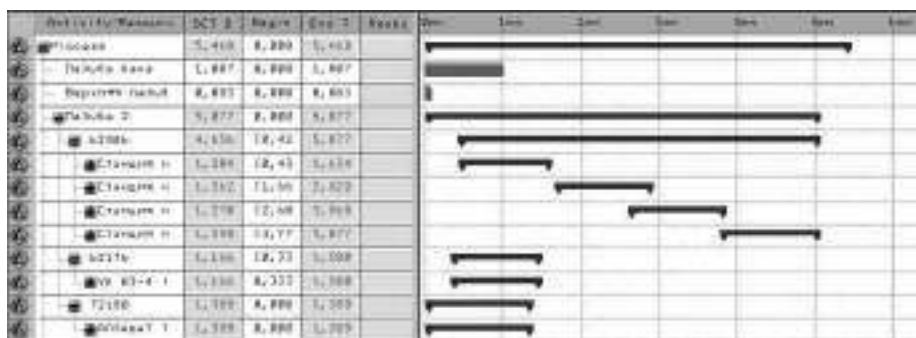


Рис. 8. График выполнения работ, представленный в виде диаграммы Ганта

Серьезные изменения были внесены в процессы информационно-технического взаимодействия между ЦКБ и заводом-строителем. Одним из самых значимых изменений стал переход к передаче проектных данных в цифровом виде. Для этого были разработаны и реализованы новые схемы информационного обмена между предприятиями (рис. 9). Так, разработана методика для загрузки проектных данных напрямую в информационные системы предприятия: происходит передача транспортных массивов, содержащих в цифровом виде в формате XML состав спецификаций, ведомости заказа изделий, состав и атрибуты крупногабаритного оборудования, данные о геометрии систем трубопроводов и др. Кроме этого, через сеть группы технического сопровождения строительства реализован доступ специалистов предприятия к актуальной проектной цифровой модели корабля.

Выполненные работы по организации взаимодействия ЦКБ-верфь позволили создать систему сквозного проектирования и производства, разработка которой применительно к сложным изделиям судового машиностроения выполнялась совместно с АО «СПМБМ «Малахит». Процесс взаимодействия включил в себя следующие этапы:

- разработка проектной цифровой модели изделия;
- проверка собираемости;
- проверка работоспособности;
- разработка чертежей с цифровой модели;
- передача цифровой модели, РКД и транспортного массива с цифровым описанием состава изделия на завод-строитель;
- разработка цифровых моделей оснастки и выпуск технологической документации;
- проверка изделия на собираемость с учетом оснастки в условиях цеха;
- проработка процесса погрузки изделия в цифровую модель корабля;
- проработка процесса монтажа изделия;
- разработка программ для изготовления деталей на станках с ЧПУ;
- размерный контроль изготовленных деталей с использованием опико-электронных средств измерений.

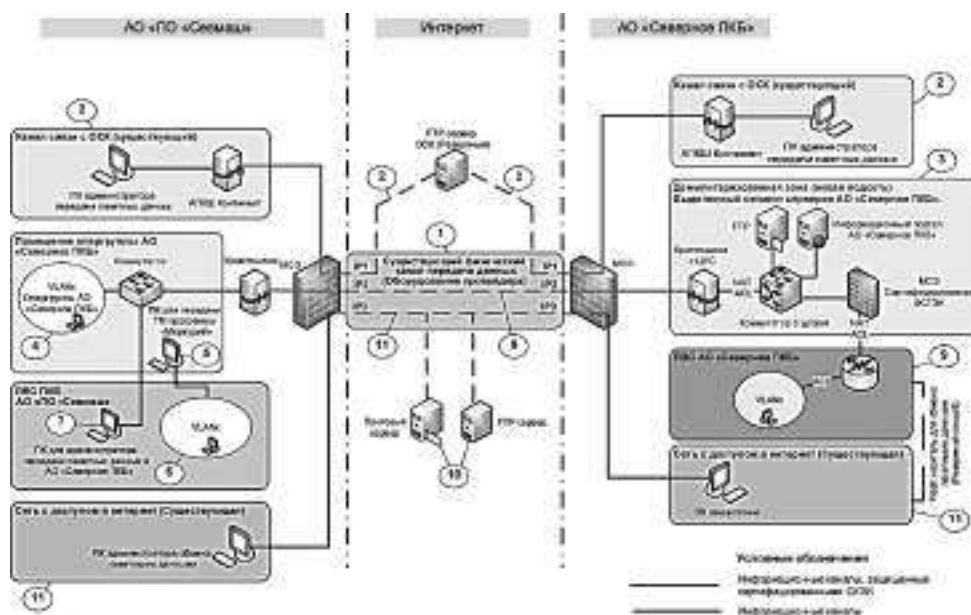


Рис. 9. Схема информационного обмена ЦКБ-верфь

Работы выполнялись на одном из строящихся заказов, в результате чего был утвержден регламент организации работ. Развитием этого направления является переход к технологии «Открытого проектирования» в едином информационном пространстве на основе цифровой модели. При этом в САПР создается полная электронная модель проектов, которая становится основным источником проектной информации для выпуска РКД и является рабочей моделью для подготовки производства и строительства. Корректировка РКД осуществляется путем редактирования электронной модели. Завод-

строитель, в свою очередь, имеет постоянный доступ к данной модели для использования при подготовке производства и строительстве.

С целью обеспечения функционирования новой системы КТПП был разработан ряд нормативных и методических документов.

В результате выполненной работы был решен комплекс задач по модернизации системы КТПП, а именно:

- разработан и внедрен метод отработки компоновки корабля на цифровом макете;

- создана комплексная система выпуска плазовой документации и раскроя металла на основе трехмерной модели;

- освоена и внедрена технология размерного контроля с использованием оптико-электронных измерительных средств;

- отработаны методы реверсного проектирования конструкций и систем корабля;

- разработаны и освоены методы моделирования производственных процессов погрузки КГО, закатки БЗ и стыковки отсеков;

- разработан и внедрен метод электронного макетирования изделий МСЧ, отработки их собираемости и работоспособности (в т. ч. в условиях заказа);

- создана инфраструктура предприятия, обеспечивающая новые методы КТПП и взаимодействия ЦКБ-верфь в едином информационном пространстве;

- проведено обучение специалистов новым методам КТПП с использованием цифровых технологий;

- разработаны инструкции, методики, стандарты предприятия и другие нормативно-методические документы;

- созданы эффективные процессы информационно-технического взаимодействия с ЦКБ в едином информационном пространстве.

Выполненные работы позволили достичь сокращения времени и стоимости строительства ряда головных и серийных заказов предприятия за счет: оптимизации производственных процессов строительства, сокращения вынужденных простоев производства, сокращения количества переделок на заказах, сокращения трудоемкости и материалоемкости процессов, параллельного изготовления конструкций, комплексов и систем корабля.

По экспертным оценкам выполненная цифровая трансформация системы конструкторско-технологической подготовки производства сокращает стоимость и сроки строительства перспективной морской техники на 10...15 %, что составляет несколько миллиардов рублей для каждого заказа. Это позволит выполнить поставленные правительством страны задачи по повышению производительности труда и обеспечению конкурентоспособности отечественной продукции как на внутреннем, так и внешнем рынках.

Digital Transformation of Design and Technological Preparation of Production for the Construction of Advanced Marine Equipment for Military Purpose

© Kiseleva A.E.
Korzin M.M.
Spiridonov A.Yu.

pkb92@sevmash.ru

JSC "Production Association "Northern machine-building enterprise",
Severodvinsk, 164500, Russia

The main provisions on the introduction of digital technologies in the design and technological preparation of production and the processes of manufacturing products are considered. Namely: modeling of structures and devices, issuance of model-based documentation, reverse engineering technology, development of kinematics of complex devices, dimensional control of structures, modeling of production processes.

Keywords: design and technological preparation of production, 3D-modeling, digital model, reverse-engineering, unified information space, plaza documentation, modeling of production processes

УДК 334.784

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-023

Разработка составляющих инструментария инфокомного механизма инжиниринговых компаний в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды

© Куняев Николай Евгеньевич
Мартынов Ливон Михайлович
Старожук Евгений Андреевич

estarc@bmstu.ru

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

Предложен методический подход применения менеджментом инжиниринговых компаний авторских концептуальных положений в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды. Авторские концептуальные положения представляют собой классифицированную систему принципов — основу инструментария инфокомного механизма инжиниринговой компании в условиях рассматриваемой бизнес-среды. С помощью интегративного подхода получена теоретико-методическая основа для осуществления адаптивных изменений. Ее применение в практике менеджмента инжиниринговых компаний предложено на основе пошаговой процедуры.

Ключевые слова: материально-виртуальная бизнес-среда, инжиниринговые компании, концептуальные положения, теоретико-методическая основа, методический подход

Введение. Центральную роль в переходе от традиционной экономической парадигмы заняло появление и освоение в глобальном масштабе материально-виртуальной бизнес-среды (МВБС) [1]. В условиях становления цифровой экономики Российской Федерации усиливается использование и развитие ее виртуальной составляющей — информационно-коммуникационной среды (ИКС) с помощью информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [2]. Это способствовало развитию деловой активности и одновременно послужило появлению новой конкурентной обстановки в МВБС, которую сегодня принято называть — гиперконкуренция [3].

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 года [4] целевым сценарием для экономической стратегии развития обозначен инновационный, в котором осуществился переход российской экономики от экспортно-сырьевого к инновационному типу развития. Это усилило важность развития предприятий многих отраслей промышленности, в том числе машиностроения, выпускающих высокотехнологичную продукцию.

Реализуют и обновляют инфраструктурно-развитые проекты (инженерные объекты) промышленного комплекса Российской Федерации, выпускающего высокотехнологичную продукцию, как правило, инжиниринговые компании. Сегодня их устойчивое развитие определяется способностью соответствующей адаптации к изменениям условий конкурентной обстановки в МВБС, где

- прогрессирует соперничество в форме быстро появляющихся товарных инноваций;
- преобладает агрессивная конкуренция цен и компетентностей;
- нарастает экспериментирование с новыми подходами к обслуживанию покупательских потребностей;
- сокращается время осуществления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и др.

Возрастающий уровень нестабильности, неоднозначности и неопределенности существенно усложняет склонность инжиниринговых компаний к изменениям (адаптивности). Поэтому обуславливается необходимость обеспечения их устойчивого развития за счет активизации совокупности соответствующих управленческих механизмов для адекватной реакции на возмущения рассматриваемой внешней среды. Это важно для того, чтобы менеджмент рассматриваемых компаний смог обеспечить должный уровень стабильности их стратегического развития с применением современных управленческих новаций.

Актуальность исследования. По нашему мнению, актуальным вопросом становится развитие существующих управленческих механизмов инжиниринговых компаний с целью их адаптации к новым экономическим условиям функционирования на основе разработки соответствующего инструментария. От того насколько правильно их системы управления в ИКС с помощью ИКТ будут учитывать влияние новой конкурентной обстановки в МВБС, напрямую будет зависеть эффективность их функционирования

в условиях рыночной экономики России. Все это должно позволить менеджменту рассматриваемых компаний ресурсно и мотивационно обеспечить достижение поставленных целей (реализация и обновление инженерных объектов) при сохранении динамического равновесия внешнего и внутреннего окружения.

Проблема адаптации инжиниринговых компаний к изменениям условий бизнес-среды является не только важной, но и актуальной для разрешения. Во-первых, обновление и создание новых предприятий машиностроения, выпускающих высокотехнологичную продукцию, может позволить повысить ряд показателей экономической эффективности промышленного комплекса Российской Федерации. Во-вторых, рассматриваемая отрасль промышленности входит в перечень стратегически значимых элементов национальной экономики Российской Федерации и требует развития.

Этим обусловлена актуальность выбранной темы исследования.

Обзор литературы. Отмечая высокий уровень исследований рассмотренных в наших работах [1, 2], следует заключить, что многие труды, несмотря на их неоспоримую научную теоретико-практическую значимость, являются фрагментарными, устаревшими, в них не учитывается влияние специфики цифровой экономики, а также влияние новой конкурентной обстановки в МВБС. Рассмотрение первоисточников в указанных выше работах отдельных аспектов адаптации различных организаций многих отраслей промышленности, в том числе и машиностроения, не позволяет полностью задействовать их весь имеющийся потенциал.

Поэтому в качестве научной базы в наших исследованиях (см., например, работы [5–11]) приняты положения в области управления организациями в условиях ИКС, а именно, получающая широкое распространение и признание теория инфоком-менеджмента [2]. Имеющийся в этой работе научно-методический задел был использован при проведении многих наших исследований (см. например, работы [12–16]) для его развития в условиях становления цифровой экономики.

Инфоком-менеджмент направлен на разрешение множества проблем в ИКС с приоритетом использования ИКТ для осуществления опосредованных коммуникаций именно в условиях ИКС. Кроме того, инфоком-менеджмент, по существу, есть форма реализации инфокомного механизма самоорганизации, представляющего собой основу концепции управления организацией в условиях современной ИКС [2]. Все это является управленческой новацией, которую следует применить, так как инфоком-менеджмент является ответом на развитие концепций общества.

Цель и основные задачи исследования. Целью наших исследований является разработка состава инструментария соответствующего управленческого механизма инжиниринговых компаний именно в условиях современной МВБС (гиперконкуренции). Новый состав инструментария должен обеспечить повышение эффективности их систем управления полным жизненным циклом при обновлении и создании новых инженерных объектов различных

отраслей промышленности Российской Федерации, в том числе и в машиностроении, которые выпускают высокотехнологичную продукцию.

Все это, по нашему мнению, будет новым источником роста для рассматриваемых предприятий, входящих в промышленный комплекс Российской Федерации. Поэтому для достижения поставленной нами цели решаются следующие основные задачи:

- разработать концептуальные положения, учитывая особенности условий современной МВБС;
- разработать методический подход их применения в рассматриваемых условиях бизнес-среды.

Результаты исследования. Для решения первой задачи в работах [12–16] была предложена пошаговая процедура получения соответствующих концептуальных положений, которые учитывают выявленные особенности движущих сил гиперконкуренции и факторов успеха организаций в ИКС (см. подробнее работу [3]). В отмеченных выше публикациях авторами были получены эти концептуальные положения. Они представляют собой систему принципов — основу инструментария инфокомного механизма инжиниринговой компании в условиях современной МВБС. Полученная система принципов по указанным в работе [11] соответствующим критериям была классифицирована с целью удобства ее использования. Апробация этих положений в полном объеме реализовано нами в работах [7–10].

Для решения второй задачи нами использован интегративный подход (см. рисунок), где учитываются особенности инфоком-культуры для осуществления адаптивных изменений в условиях современной МВБС [5]. Это особенно важно, так как, согласно положениям работы [2], инфоком-культура представляет собой организационную культуру творческого телесотрудничества и плодотворной результативности целенаправленных телевзаимодействий в условиях ИКС с помощью ИКТ.

В результате рассмотрения схемы, указанной нами на рисунке, состоящей из 8 секторов взаимосвязей, с помощью интегративного подхода нами сформулировано 16 положений (два положения в каждой части поля) — теоретико-методическая основа для осуществления адаптивных изменений менеджментом инжиниринговой компании в условиях современной МВБС. Все эти положения рассмотрены и указаны в полном объеме в работе [5]. Они служат необходимой управленческой новацией для менеджмента инжиниринговых компаний в условиях современной МВБС.

Применять на практике теоретико-методическую основу следует на основе оценки влияющих на деятельность инжиниринговой компании релевантных факторов внешней среды (особенностей гиперконкуренции). По нашему мнению, целесообразнее всего это следует сделать с применением пошаговой процедуры.

На первом шаге определяются факторы современной МВБС и выявляются релевантные с помощью метода экспертных оценок. Далее рассматриваются наиболее важные аспекты макросреды, динамические изменения кото-

рых могут повлиять на основную деятельность инжиниринговой компании. Экспертный совет на основе критериев определяет значения каждого фактора для деятельности компании, делая соответствующий вывод.

На втором шаге осуществляется экспертная оценка влияния релевантных факторов на деятельность инжиниринговой компании и рассчитывается численное значение каждого релевантного фактора, используя основы теории вероятности.



Схема получения теоретико-методической основы [5]

На следующем третьем шаге комплексно определяется влияние современной МВБС на инжиниринговую компанию и рассчитывается интегральный показатель оценки ее состояния [17].

Экспертными оценками устанавливается минимальная и максимальная оценка характера влияния релевантных факторов современной МВБС на инжиниринговую компанию. Шкала оценок рассматриваемых условий приведена автором в таблице.

На четвертом шаге осуществляется формализация полученной информации на основе построения интервальной шкалы индивидуальных оценок. Они упорядочиваются в виде интервальных вариационных рядов. Вследствие этого не сложно получить числовое значение критерия, который будет говорить о характере состояния рассматриваемой бизнес-среды, и выбрать пути развития.

Шкала оценок современной МВБС

Уровни оценок	Характеристики стадий влияния современной МВБС
0,1–0,2	Сверхнестабильное состояние
0,2–0,3	Нестабильное состояние
0,3–0,4	Благоприятное состояние
0,4 и выше	Стабильное состояние

Предложенная пошаговая процедура диагностики и оценки влияния условий современной МВБС на инжиниринговую компанию позволит менеджменту рассматриваемых компаний выявить [5]:

- проблемы, с которыми она может столкнуться, осуществляя свою основную деятельность;
- возможные изменения во внешней среде, которые могут повлиять на ее основную деятельность;
- изменения внешней среды по отношению к ней, а также причины и условия ограничения (или расширения) основной деятельности;
- получить представление о характере и значимости ее влияния, а также выбрать пути развития.

Заключение. В данной работе рассмотрен подход разработки составляющих инструментария инфокомного механизма инжиниринговых компаний в условиях современной МВБС. Их важно применять менеджменту инжиниринговых компаний, которые реализуют и обновляют инфраструктурно-развитые проекты (инженерные объекты) промышленного комплекса Российской Федерации. Отмеченные выше положения должным образом обеспечивают методологическую основу для использования соответствующей группы концептуальных положений, влияющих на принятие стратегических решений. Вопросы, связанные с приоритизацией и выбором стратегических альтернатив развития инжиниринговой компании в рассматриваемых условиях бизнес-среды, являются предметом наших следующих публикаций.

Литература

- [1] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. *Развитие теории инфоком-менеджмента в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды*. М., ИНФРА-М, 2021.
- [2] Мартынов Л.М. *Основы теории инфоком-менеджмента*. М., ИНФРА-М, 2019.
- [3] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. *Менеджмент бизнес-объединений строительной сферы: концептуальные предпосылки развития с использованием информационно-коммуникационных технологий в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды*. М., ТрансЛит, 2019.
- [4] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/69ab80df3b8c76cf50e24b0d229b169915a8a302/ (дата обращения 19.03.2021).
- [5] Куняев Н.Е. Методический подход применения авторской системы принципов предприятиями фондообразующих отраслей в условиях современной бизнес-среды. *Стратегическое планирование и развитие предприятий: Матер. XXI всерос. симп.* М., ЦЭМИ РАН, 2020, с. 700–707.
- [6] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Применение авторских принципов инжиниринговыми компаниями на этапах жизненного цикла инфраструктурно-развитых систем в условиях современной бизнес-среды. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф.* М., Первое экономическое издательство, 2020, с. 187–192.

- [7] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Классификация концептуальной системы принципов и ее применение системами управления современных организаций на различных стадиях их жизненного цикла. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф.* М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, с. 115–123.
- [8] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. Подход к классификации базовых положений авторской концепции совершенствования систем управления бизнес-объединений строительной сферы в условиях гиперконкурентной материально-виртуальной бизнес-среды. *Стратегическое планирование и развитие предприятий: Матер. XX всерос. симп.* М., ЦЭМИ РАН, 2019, с. 563–568.
- [9] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. Подход к совершенствованию управления машиностроительными предприятиями и жизненным циклом их продукции в условиях гиперконкурентной материально-виртуальной бизнес-среды. *Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Матер. Всерос. науч.-практ. конф.* М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, с. 94–99.
- [10] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Формирование, классификация и механизм применения концептуальной системы принципов совершенствования систем управления бизнес-объединений строительной отрасли в условиях гиперконкуренции. *Экономика и менеджмент систем управления*, 2019, № 2.1, с. 136–147.
- [11] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. Критерии классификации принципов менеджмента строительной сферы в условиях гиперконкуренции. *Стратегическое планирование и развитие предприятий: Матер. XIX всерос. симп.* М., ЦЭМИ РАН, 2018, с. 754–758.
- [12] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Принципы совершенствования систем менеджмента бизнес-объединений строительной сферы под влиянием гиперконкуренции: фактор «процесс быстрого распространения и совершенствования информационно-коммуникационных технологий». *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 2018, № 6А, с. 5–19.
- [13] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Принципы совершенствования систем менеджмента бизнес-объединений строительной сферы под влиянием гиперконкуренции: фактор «процесс дерегулирования рынков». *Управление*, 2018, № 3, с. 17–26.
- [14] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Принципы совершенствования систем менеджмента бизнес-объединений строительной сферы под влиянием гиперконкуренции: фактор «процесс размывания отраслевых границ». *Экономика и менеджмент систем управления*, 2018, № 3, с. 47–58.
- [15] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Принципы совершенствования систем менеджмента бизнес-объединений строительной сферы под влиянием гиперконкуренции: фактор «процесс поляризации рынков». *Экономика и предпринимательство*, 2018, № 8, с. 1182–1189.
- [16] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А. Принципы совершенствования систем менеджмента бизнес-объединений строительной сферы под влиянием гиперконкуренции: фактор «процесс глобализации в условиях формирования мирового информационно-коммуникационного пространства». *Вестник БГУ. Экономика и менеджмент*, 2018, № 4, с. 64–78.

[17] Орлов А.И. *Организационно-экономическое моделирование*. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

Development of the Engineering Companies Infocom Mechanism Tools Components in the Conditions of the Modern Material and Virtual Business Environment

© | Куняев Н.Е.
Мартынов Л.М.
Старошук Е.А.

estar@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article proposes a methodological approach to the author's conceptual regulations application by the engineering companies' management in the conditions of the modern material and virtual business environment. The author's conceptual regulations represent a classified system of principles as the basis of the engineering company Infocom mechanism tools under the considered business environment conditions. A theoretical and methodological basis for implementing adaptive changes is obtained with the help of the integrative approach. Its application in the management practice of engineering companies is proposed based on the considered step-by-step procedure.

Keywords: material and virtual business environment, engineering companies, conceptual regulations, theoretical and methodological basis, methodological approach

УДК 681.3

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-024

Цифровая экосистема управления производственной кооперацией предприятий в реальном времени по организации поставок высокотехнологичной продукции

© | Ларюхин Владимир Борисович¹
Скобелев Петр Олегович^{1,2}

vladimir.larukhin@live.ru
petr.skobelev@gmail.com

¹ СамГТУ, Самара, 443100, Россия

² НАО «Группа компаний «Генезис знаний», Москва, 121205, Россия

Рассмотрена проблематика формирования единой управленческой технологии в цифровой экосистеме интеллектуальных систем управления ресурсами и современная практика их создания. Рассмотрен подход к реализации комплексной задачи — автоматизировано формировать цепочки коопераций группы предприятий для реализации комплексных проектов в заданные бюджеты и сроки с учетом компетенций, ресурсных возможностей, текущей загрузки и ограничений каждого предприятия в распределенной сетевцентрической системе систем.

Ключевые слова: цепочки кооперации, режим реального времени, программы производства сложных изделий, текущая загрузка, единая цифровая экосистема интеллектуальных сервисов планирования

В условиях растущей сложности и неопределенности современной экономики в различных отраслях промышленности наблюдается существенное снижение прибыли производителей, обострение конкуренции предприятий, при этом сроки и бюджеты комплексных проектов заказчиков не выдерживаются.

В ряде случаев, например, в электротехнической промышленности ни одно из предприятий на рынке часто не способно целиком выполнить крупный заказ (например, для «Газпром» или «Лукойл» на поставку большого числа разных по характеристикам комплектных электротехнических подстанций к одному сроку), требующий в комплектации широкой номенклатурой покупных и производимых изделий.

Возникающая при этом новая сложная задача состоит в том, чтобы автоматизировать процесс управления цепочками кооперации такого рода предприятий, которые бы осуществлялись в реальном времени в сам момент формирования запроса от заказчика с учетом текущей загрузки, компетенций, ресурсных мощностей и ограничений каждого предприятия и возможностей их кооперации.

Подобная задача близка к организации управления поставками крупной корпорацией сложных финальных изделий с широкой кооперацией в реальном времени, например, высокотехнологичной продукции в интересах госзаказа или высокотехнологичных гражданских изделий (например, гражданский самолет, ракетоноситель).

Для решения такой задачи вне информационного поля или даже с применением систем электронных аукционов, заказчику необходимо крайне точно сформулировать свою спецификацию, опросить и получить от множества потенциальных поставщиков варианты реализации той или иной номенклатурной позиции или ее части. Далее произвести синхронизацию полученных вариантов планов между собой, решив оптимизационную задачу многокритериальной оптимизации.

На практике ручной режим такого рода переговоров крайне сложный и трудоемкий процесс — каждому предприятию, как заказчику, так и исполнителю, потребуется держать целый штат специалистов, чтобы знать состояние и планы предприятия, проверять наличие комплектующих на складе или стоимость и срок их заказа на стороне, планировать производственные процессы с учетом особенностей изделий, технологических процессов, станков и компетенций рабочих предприятия, а также отвечать через формирование технико-коммерческих предложений (ТКП) на каждый запрос, которых может приходиться десяток в день от разных заказчиков. Однако, наиболее сложная часть этого процесса состоит в том, чтобы, анализируя получаемые ТКП, понять, кто из предприятий может войти в формируемую цепочку и в какой ча-

сти производимого изделия, что будет наиболее выгодно как заказчику, так и другим участникам цепочки, и где каждый исполнитель должен пойти на компромисс и уступить, в счет той прибыли, которой получит от принятой части.

Важным стимулом участия в такой кооперации могут быть принципы «солидарной экономики», что вполне соответствует экономической логике крупных корпораций, если цепочка кооперации сложится, и сводный план будет принят, то из образующейся прибыли за счет выбора минимальных цен, но с балансом интересов поставщиков, заказчик позволит возместить уступки тем предприятиям, кто согласился на уменьшение цены или отказ от части своей поставки в угоду интересов цепочки в целом. Этот подход может способствовать развитию новых принципов Индустрии 5.0 в части внедрения систем искусственного интеллекта (ИИ), участвующих в таких запросах как со стороны заказчика, так и потенциального исполнителя, цифровизации знаний и формирования цифровых экосистем колоний систем ИИ («систем систем»), а также принципов Общества 5.0, основанного на внедрении такого рода цифровых систем ИИ, в части модели cooperation (англ. cooperation — кооперация и competition — конкуренция), т. е. динамического переключения от конкуренции к кооперации, и наоборот, в зависимости от складывающейся ситуации.

Для решения поставленной задачи предлагается следующий подход. Создается онтология предметной области, например, позволяющая формализовать знания о структуре изделий, технологических процессах, классификаторах задач и ресурсов, компетенциях и других особенностях предприятий отрасли. Для каждого предприятия отрасли на основе построенной онтологии создается свой «цифровой двойник» — интеллектуальная система управления ресурсами (ИСУР), построенная с применением базы знаний и мультиагентных технологий [1].

База знаний каждого предприятия, построенная на основе единой общей сквозной онтологии, содержит экземпляры классов понятия и отношений предметной области об этом конкретном предприятии.

Мультиагентная система управления ресурсами (ИСУР) каждого предприятия, поддерживающая такую базу знаний, является универсальной в том смысле, что имеющиеся в ней базовые классы агентов «клонированы» и конфигурируются на основе спецификаций экземпляров понятий и отношений в базе знаний предприятия, т. е. тем самым ИСУР настраивается на предприятие. Таким образом, формируется единая информационно-технологическая платформа взаимодействия группы предприятий, позволяющая решать задачи управления комплексными проектами.

Каждое предприятие получает возможность работать в своей ИСУР, которая становится действующим цифровым двойником предприятия, который зеркально отражает результаты, загрузку и планы работы каждого реального предприятия в реальном времени.

Вновь приходящий запрос на реализацию проекта от очередного заказчика вызовет лишь автоматическое создание нового «клона» цифрового двойника (ИСУР) предприятия, который сможет путем моделирования (в параллель с работой «боевой» версии) определить, как новый заказ конкретно «ляжет» в текущий план поверх существующих заказов, какова будет его себестоимость и сроки и т. д.

На основе этой информации будет автоматически построено ТКП на запрос, которое будет передано обратно на виртуальный рынок агентов предприятий, где путем самоорганизации будет собрана наиболее рациональная цепочка кооперации.

Если сводное предложение будет принято, то сохраненный виртуальный план может быть восстановлен в качестве основного, и начнется процесс его исполнения.

В результате предлагаемого подхода впервые будет построена цифровая экосистема умных цифровых двойников (ИСУР) различных предприятий, организованная как «система систем» с p2p-взаимодействием отдельных систем на общей цифровой платформе — сформируется единая информационно-технологическая платформа.

В качестве основных ИСУР могут быть использованы ранее разработанные на единой мультиагентной платформе интеллектуальные системы: ИСУР Smart Projects для управления проектами НИОКР; ИСУР Smart Factory для управления производством; ИСУР Smart Trucks для управления грузовыми перевозками; ИСУР Smart Maintenance для управления техническим обслуживанием изделий. Таким образом, обеспечивается единая технология управления ресурсами и задачами по всему жизненному циклу изделий.

Результатом внедрения является решения сложной задачи обеспечения поставок по комплексным запросам, повышение гибкости и эффективности управления ресурсами, существенное сокращение времени в десятки раз на принятие решений, прозрачность и снижение зависимости от человеческого фактора, возможность масштабирования бизнеса без роста численности административного персонала.

В настоящее время MAC-системы, созданные на единой технологической основе, обеспечивают управление процессами НИОКР, производством, сервисом в эксплуатации, логистикой, нашли промышленное применение для управления сложными производственными задачами на Иркутском авиационном заводе, МАК «Вымпел», РКК «Энергия», а также выполняют «боевые» производственные задачи, например, в ОАО «РЖД», обеспечивая рост эффективности основной деятельности до 20...40 %.

Промышленные MAC-системы интегрируются с существующими корпоративными системами: 1С:ERP, LN (BAAN), PLM/PDM-конструкторскими и другими системами.

Созданные в настоящее время российские адаптивные системы на базе мультиагентных технологий обеспечивают эффективную оптимизацию про-

изводственных планов в режиме «реального времени» с достижением роста эффективности ресурсов на 20-40 %.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-37-90052.

Литература

[1] Rzevski G., Skobelev P. *Managing complexity*. London, WIT Press, 2014.

Digital Ecosystem of Management of Production Cooperation of Enterprises in Real Time on Organization of Supplies of High-Technology Products

© | Laryukhin V.B.¹
Skobelev P.O.^{1,2}

vladimir.larukhin@live.ru
petr.skobelev@gmail.com

¹ Samara State Technical University, Samara, 443100, Russia

² Genesis of Knowledge Multicorporate Enterprise, Moscow, 121205, Russia

The problems of forming a unified management technology in the digital ecosystem of intelligent resource management systems and modern practice of their creation are considered. An approach to the implementation of a complex task is considered-it is automated to form chains of cooperation of enterprises for the implementation of complex projects in given budgets and deadlines, taking into account the competencies, resource capabilities, current load and limitations of each enterprise in a distributed network-centric system of systems.

Keywords: *cooperation chains, real-time mode, complex product production programs, current load, unified digital eco-system of intelligent planning services*

УДК 519.866

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-025

Технология создания модифицированных лиц Чернова при моделировании экономико-производственной деятельности предприятия машиностроения с полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции

© | Лисицинский Даниил Антонович
Соколянский Василий Васильевич

dlistsinsky@yandex.ru
sokolyansky63@mail.ru

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

Представлена технология создания лиц Чернова в 3D-модификации, что позволяет визуализировать многопараметрическую экономическую информацию. Подобный метод моделирования лиц Чернова позволяет создать эмоциональный интерфейс высокотехнологичного предприятия энергомашиностроительной отрасли. В каче-

стве объекта исследования представлен флагман мирового авиастроения AIRBUS S.A.S.

Ключевые слова: лица Чернова, экономико-производственный профиль, многопараметрическая модель, 3D-моделирование

В мире ощущается потребность в создании удобных способов визуализации многомерной экономической информации, которая может быть представлена в различной форме [1]: графически в публикациях; в изображениях в презентациях; в картах в географии; в инфографике в журналистике или статистике; в сетевых диаграммах Интернета.

Один из наиболее перспективных методов визуализации мультипараметрической экономической информации представляют собой лица Чернова. Речь идет об отображении многомерных данных в виде человеческого лица [2]. Визуализация экономических данных исследована многими авторами [3–5]. Например, в [6] авторы исследовали показатели по персоналу компании AIRBUS S.A.S. с помощью лиц Чернова и технологии тепловых карт. Данная визуализация отображена на рис. 1.

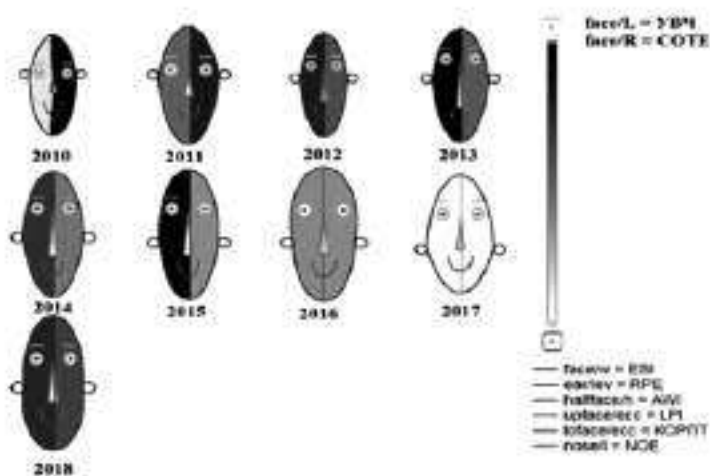


Рис. 1. Симбиоз двумерных лиц Чернова и технологии тепловых карт при исследовании показателей персонала

Авторы применяют программы 3D-моделирования, которые не могут связать напрямую исследуемые показатели и геометрические параметры лиц Чернова [7]. В данной работе приведена технология, позволяющая сопоставить экономические показатели геометрическим размерам на лице Чернова в трехмерной модели. Особенностью технологии 3D-модификации является расширенное число исследуемых параметров: длина глаз, носа, рта, создание

сложных форм черт лица. Это стало возможным благодаря появлению еще одной плоскости проекции.

Целью исследования стало создание технологии визуализации мультипараметрической экономической информации. Авторами работы были поставлены следующие задачи: выбор инструментария для визуализации экономической информации; выбор адекватного экономического объекта для визуализации его экономико-производственных параметров.

Предметной областью исследования является возможность применения программного комплекса Autodesk Inventor по новому назначению — создание модифицированного эмоционального интерфейса «лица Чернова — экономическая информация».

В качестве объекта исследования авторами работы выбран флагман мирового авиастроения AIRBUS S.A.S. Параметрами для визуализации, которые были взяты с официального сайта [8]: конкурентные факторы высокотехнологичного производства; показатели операционной эффективности; критерии инвестиционной привлекательности и др. Всего выбрано 22 параметра, среди которых коэффициент использования производственных мощностей, коэффициент абсолютной ликвидности, затраты на рекламу и др.

В качестве среды для моделирования модифицированных лиц Чернова выбрана программа Autodesk Inventor, в которой возможно построение параметризованных трехмерных моделей. Каждый исследуемый экономический показатель преобразуется в геометрический параметр модели. Например, высоте шапки соответствует объем запасов сырья и материалов (в единицах времени) для обеспечения производства, диаметру носа — коэффициент текущей ликвидности, диаметру левого глаза — чистая прибыль на акцию и т. д.

Значения исследуемых параметров нормализуются с помощью формулы

$$X_{\text{норм}} = x/x_{\text{max}},$$

где $X_{\text{норм}}$ — безразмерный параметр; x — исследуемый параметр; x_{max} — максимальное за все годы значение исследуемого параметра.

После чего уже безразмерный экономический показатель преобразуется в геометрический размер по формуле

$$R = R_{\text{min}} + (R_{\text{max}} - R_{\text{min}})X_{\text{норм}},$$

где R — геометрический размер параметра в модели; R_{min} — минимально возможный размер на модели; R_{max} — максимально возможный размер на модели. Для каждого эксперимента рисуется отдельное «лицо», в котором каждый показатель соответствует черте 3D-лица Чернова (рис. 2).

Результатом проведенного исследования является технология, позволяющая динамически отображать состояние многопараметрической системы. Также представлен пример визуализации с помощью данной программы эко-

номических показателей высокотехнологичной компании AIRBUS S.A.S. за 2011–2018 гг.



Рис. 2. Трехмерные модели лиц Чернова, полученные в результате визуализации экономических показателей AIRBUS S.A.S. за 2011–2018 гг.

Авторы полагают, что программный комплекс Autodesk Inventor является приемлемым инструментом для визуализации многомерной, слабоструктурированной экономической информации.

Авторы считают, что модифицированные посредством применения программного комплекса Autodesk Inventor лица Чернова позволяют «нагрузить» эмоциональный интерфейс (лица Чернова) числом параметров больше 22.

Предложенная технология может быть рекомендована для расширения линейки экономических исследований предприятий машиностроения с полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции.

Литература

- [1] Осадчая И.А., Берестнева О.Г., Немеров Е.В. Анализ многомерных медицинских данных с помощью пиктографиков в «лица Чернова». *Бюллетень сибирской медицины*, 2014, № 14, с. 89–93.
- [2] Chernoff H. The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 1973, no. 68, pp. 361–368.
- [3] Андрусенко А.С. и др. Применение модели EVA и коэффициента Тобина для оценки стоимости интеллектуального капитала как комплекса IT-компаний «МГТС» и «Ростелеком». *Экономика и предпринимательство*, 2016, № 5, с. 527–531.
- [4] Белагуров А.О., Соколянский В.В., Терехов В.И. Коэффициент Q-Тобина как один из показателей инвестиционной привлекательности компании IT-сектора экономики. *Экономические науки*, 2016, № 137, с. 77–78.

- [5] Соколянский В.В., Пашков Б.С. Технологии BIG DATA и их инсталляции в экономические исследования. *Вопросы экономических наук*, 2015, № 4, с. 169–171.
- [6] Загородников С.А., Соколянский В.В. «Лица Чернова» как эмоциональный интерфейс при построении модели высокотехнологичного инновационного предприятия машиностроительной отрасли. *Экономика высокотехнологичных производств*, 2020, т. 1, № 2, с. 77–89.
- [7] Стреляная О.П., Косников Ю.Н. Применение трехмерных моделей для интегральной индикации состояния многопараметрических объектов. *Вестник Пензенского государственного университета*, 2016, № 2, с. 125–129.
- [8] <https://www.airbus.com> (дата обращения 20.03.2021).

Technology of Creation Modified Chernoff's Faces in Modeling the Economic-Production Activity of the Engineering Enterprise with a Full Life Cycle of High-Technology Products

© | Lisitsinsky D.A.
Sokolyansky V.V.

dlisitsinsky@yandex.ru
sokolyansky63@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The paper presents the technology of creating Chernoff's faces in 3D modification, which allows visualizing multi-parameter economic information. This method of modeling Chernoff's faces allows creating an emotional interface for a high-tech enterprise in the power engineering industry. The flagship of the world aircraft industry AIRBUS S.A.S. is presented as an object of research.

Keywords: *Chernoff's faces, economic and production profile, multi-parameter model, 3D modeling*

УДК 338.246.2

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-026

Влияние механизма управления с использованием цифровых технологий на этапы жизненного цикла промышленных предприятий

© | Мартынов Ливон Михайлович
Саматова Анжела Ихтиеровна

samatova5995@mail.ru

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

Рассмотрена актуальность проблематики влияния механизма управления на этапы жизненного цикла промышленных предприятий. Четвертая промышленная революция ускорила внедрение цифровых технологий во всех сферах жизнедеятельности общества. Выявлена необходимость внедрения нового цифрового механизма управ-

ления для его использования в управленческих воздействиях на этапах жизненного цикла промышленных предприятий в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: жизненный цикл, механизм управления, цифровой механизм, цифровая экономика

Деятельность организаций разнообразна, но независимо от того, какую деятельность выбрал собственник фирмы (предприятия, организации), она, как и любой живой организм, проходит этапы жизненного цикла.

Концепция жизненного цикла появилась во второй половине XX в. Свой вклад в развитие этой концепции внесли такие исследователи как Э. Даунс, Г. Липпитт и У. Шмидт, Л. Грейнер, У. Торберт, Д. Кац и Р. Кан., И. Адизес, Д. Миллер, П. Фризен, Э.М. Коротков и др. Каждый из них в своих научных работах определяет число этапов рассматриваемого цикла в рамках исследований, но во всех публикациях указанных авторов присутствует переход от одной стадии к другой, который сопровождается развитием или стагнацией.

Несмотря на то, что жизнедеятельность организации сравнивают с живым организмом, который проходит такие стадии жизненного цикла, как рождение, взросление, зрелость и смерть, которые не подвластны живой системе, а подвластны закону природы, считается, что путь жизнедеятельности организации подвластен ее руководителю. Именно от руководителя зависит, какой промежуток времени организация задержится на том или ином этапе своей жизнедеятельности. При этом самыми благоприятными этапами являются, в частности, «рост» и «зрелость», так как именно на этих этапах организация должна задержаться как можно дольше, оставаясь в своей отрасли.

Для поддержания таких стадий на должном уровне менеджмент организации должен использовать адекватные механизмы управления своей организацией, ее персоналом. При этом актуально рассмотрение вопроса влияния механизма управления с использованием цифровых технологий на этапы жизненного цикла промышленных предприятий в условиях цифровой экономики.

Трактовки терминов «механизм управления» или «управленческий механизм» разнообразны и их следует отличать от термина «механизм». Так, А.Ю. Ишлинский в своем политехническом словаре поясняет «механизм как систему тел, предназначенную для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других твердых тел» [1].

С точки зрения кибернетического подхода механизм управления рассматривается как совокупность процессов влияния субъекта управления на объект управления для обеспечения целенаправленного сохранения или видоизменения управленческой структуры системы управления, поддержания или изменения режима ее деятельности, а также для ее развития на основе реализации программ и целей с использованием коммуникаций [2]. Для реализации эффективной коммуникации субъект управления должен использовать механизм управления, который занимает особое место в триединстве составляющих менеджмента «система, процесс, механизм» [3].

Отметим то, что, как показывают результаты наших исследований, при обосновании актуальности разработки нового «цифрового управленческого механизма» применительно к условиям цифровой экономики, в частности, необходимо:

- учитывать более 40 пояснений, определений и трактовок термина «механизм» по соответствующим первоисточникам, которые указаны в [4];
- при реализации такого механизма с использованием информационно-коммуникационных технологий для осуществления опосредованных коммуникаций — учитывать известное снижение чувственно-эмоционального восприятия информации в условиях виртуальной среды [5];
- учитывать и то, что по мере развития цифровых технологий и их все более широкого использования в системах менеджмента опосредованные коммуникации по соответствующим параметрам все более приближаются к непосредственным коммуникациям, не уступая им в эффективности, что важно при использовании указанного механизма управления в условиях цифровой экономики.

При осуществлении деятельности промышленных предприятий в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды на каждом этапе их жизненных циклов от систем менеджмента требуется:

- принятие гибких, оперативных и инновационных решений, прежде всего, по эффективному использованию цифровых технологий;
- применение инфоком-менеджмента, предназначенного для специфических условий виртуальной бизнес-среды и позволяющего осуществлять опосредованные коммуникационно-коммуникативные взаимодействия не менее эффективно, чем при непосредственных коммуникациях [6];
- приоритетного учета особенностей наступившей четвертой промышленной революции.

Благодаря четвертой промышленной революции, которая предусматривает использование цифровых технологий, произошла синергия знаний и опыта по использованию техники и технологий, которые были накоплены на предыдущих стадиях генезиса таких революций (рис. 1) [7].

Четвертая промышленная революция открывает новые перспективы, а именно, с одной стороны, она делает людей более свободными с точки зрения творчества и отношения к жизнедеятельности, с другой стороны, она повышает уровень контроля над собственной жизнью.

В связи с этим представляют интерес и прогнозы в некоторых публикациях о том, что ближайшие десятилетия функции собственной жизнедеятельности человек возложит на разнообразные автоматизированные системы, на роботов и искусственный интеллект.

Цифровая экономика является «многообещающим» трендом четвертой промышленной революции. Цифровая экономика объединяет практически все технологии четвертой промышленной революции, что и отмечено нами на рис. 1.

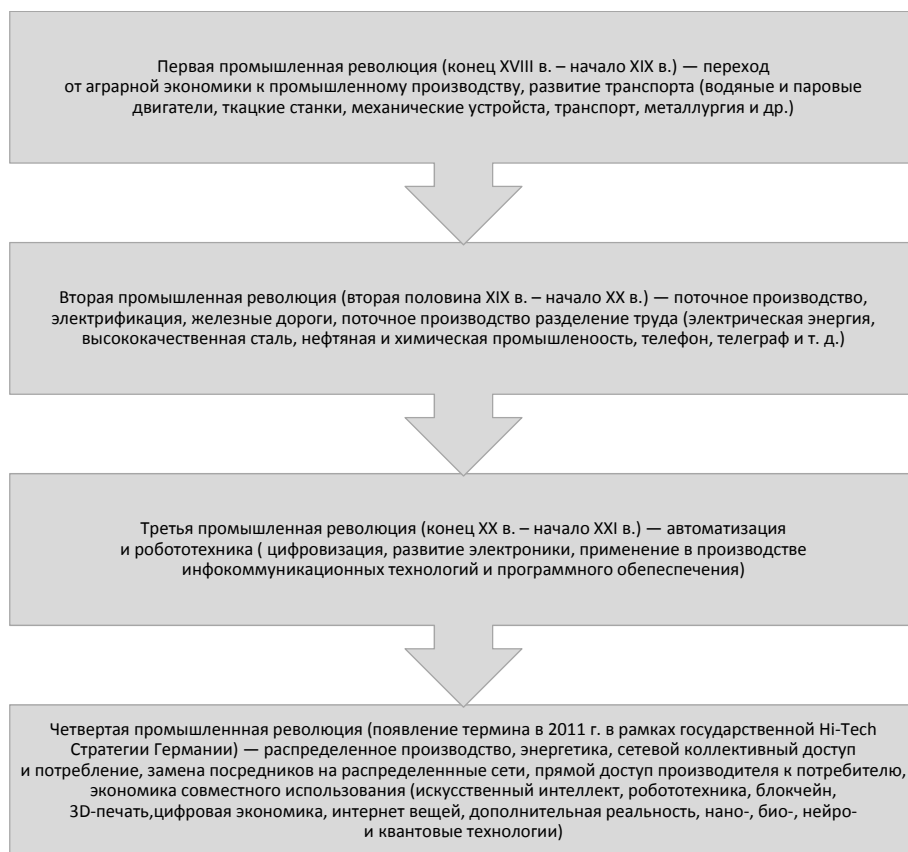


Рис. 1. Промышленные революции

Как отмечается во многих соответствующих публикациях, на данный момент единого, общепринятого понятия цифровой экономики пока не существует. Например, А.В. Кешелова считает, что «цифровая (электронная) экономика — это экономика, которая существует в условиях гибридного мира, новой реальности, в которой миры реальные и виртуальные неразрывно связаны и все необходимые для реального мира действия можно совершить через виртуальный мир» [8]. Н.К. Норец и А.А. Станкевич, считают, что «цифровая экономика — это система экономических и политических, социальных и культурных отношений, основанный на использовании цифровых (компьютерных) информационно-коммуникационных технологий» [9].

Определения «цифровой экономики» можно найти и в других книгах [10–12].

Согласно указу Президента Российской Федерации № 203 от 09.05.2017 «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», цифровая экономика — это хозяйственная деятельность,

в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа, которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг [13].

Мы можем видеть, что в этих публикациях подчеркивается необходимость использования цифровых технологий в цифровой экономике. Отрасли, такие как ИТ и разработка ПО, банки и финансы (рис. 2), которые являются лидерами в осуществлении цифровой трансформации, подчеркивают важность и преимущества данной трансформации. Они подчеркивают, что цифровая инфраструктура отвечает потребностям бизнеса, оцифровано около половины бизнес-процессов, продуктовый подход в сочетании с цифровыми технологиями позволяет эффективно управлять ценностью продукта, так же подчеркивается, что цифровая трансформация стимулирует разработку внутри компаний, сокращаются издержки на разработку и время выхода новых решений на рынок. Но системная работа над развитием всей цифровой экосистемы организаций не прекращается [14].



Рис. 2. Статус цифровой трансформации по отраслям [14]

Отмеченные условия цифровой экономики требуют от менеджмента организаций применения соответствующего «цифрового механизма» на основе использования информационно-коммуникационных цифровых технологий и средств.

Коммуникации в этих организациях осуществляются автоматизировано, с использованием цифровых систем, что позволяет, в частности, избавиться от неточности информации в управленческих воздействиях, а также сокра-

тить время реализации управленческого воздействия на объект управления. В настоящее время большинство организаций для поддержания своей жизнедеятельности на должном уровне осваивают виртуальную среду. Это, в свою очередь, по сравнению с традиционными структурами организаций дает большие преимущества — такие, например, как снижение издержек, выход на новый рынок (виртуальный рынок), при этом увеличивая масштабы сбыта продукции или предоставления услуг.

При этом ряд промышленных предприятий находятся на начинающей и догоняющей стадиях цифровой трансформации, что соответственно сказывается на этапах зрелости их жизненных циклов. В немалой степени причиной этого является отсутствие нового цифрового механизма управления, оказывающего должное влияние при воздействии субъекта управления на его объект с учетом особенностей этапов жизненного цикла предприятия.

Учитывая изложенное своеобразный «объем» наших дальнейших исследований по актуализации создания нового управленческого механизма систем менеджмента организаций в условиях материально-виртуальной бизнес-среды цифровой экономики можно для наглядности представить в виде схемы, показанной на рис. 3.

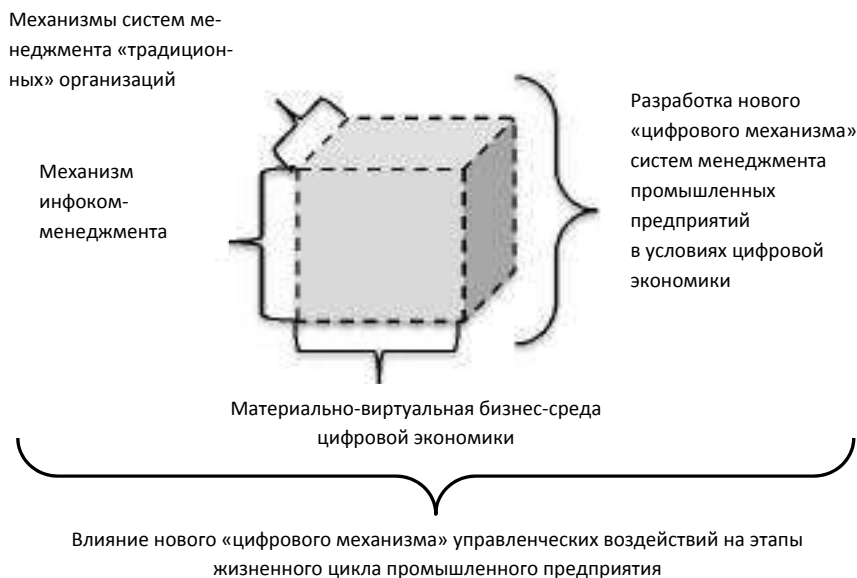


Рис. 3. Условная схема «объема» дальнейших исследований авторов по рассматриваемой тематике

В заключение в качестве основных выводов отметим следующее.

1. Для повышения эффективности реализации механизмов управления в системах менеджмента в условиях материально-виртуальной бизнес-среды

актуально применение опосредованных коммуникаций с использованием информационно-коммуникационных технологий.

2. Обоснование создания нового управленческого механизма в условиях цифровой экономики актуализирует разработку методик для его компетентного применения с учетом особенностей этапов жизненных циклов промышленных предприятий.

3. Анализ существующих и разработка новых управленческих механизмов, обеспечивающих повышение эффективности работы систем менеджмента, осуществляющих деятельность в условиях цифровой экономики, и является предметом наших дальнейших исследований применительно к этапам жизненных циклов промышленных предприятий.

Литература

- [1] Ишлинский А.Ю. *Политехнический словарь*. М., Советская энциклопедия, 1989.
- [2] *Административно-управленческий портал АУР*. URL: http://www.aup.ru/books/m98/2_1_2.htm (дата обращения 15.02.2020).
- [3] Коротков Э.М. *Менеджмент*. М., Юрайт, 2010.
- [4] Куняев Н.Е., Мартынов Л.М. *Развитие теории инфоком-менеджмента в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды*. М., ИНФРА-М, 2021.
- [5] Мартынов Л.М., Ямщикова А.А. *Эмоциональный менеджмент: предпосылки создания теории для применения в современной материально-виртуальной бизнес-среде*. М., ТрансЛит, 2018.
- [6] Мартынов Л.М. *Инфоком-менеджмент*. М., Логос, 2007.
- [7] Шедровицкий П.Г. *Азбука промышленных революций: основания*. URL: <https://shchedrovitskiy.com/azbuka-promishlennih-revolyuciy-osnovaniya/> (дата обращения 15.02.2021).
- [8] Кешелова А.В., ред. Введение в «цифровую экономику». М., ВНИИ геосистем, 2017.
- [9] Норец Н.К., Станкевич А.А. *Цифровая экономика: состояние и перспективы развития. Инновационные кластеры и цифровой экономике: теория и практика: Тр. науч.-практ. конф. с междунар. участ.* СПб., Изд-во Политех. ун-та, 2017, с. 173–179.
- [10] Лойко В.И., Луценко Е.В., Орлов А.И. *Современная цифровая экономика*. Краснодар, КубГАУ, 2018.
- [11] Лапидус Л.В. *Цифровая экономика: управление электронным бизнесом и электронной коммерцией*. М., ИНФРА-М, 2019.
- [12] Маркова В.Д. *Цифровая экономика*. М., ИНФРА-М, 2020.
- [13] Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы».
- [14] *Аналитический отчет компании КМДА «Цифровая трансформация в России — 2020: обзор и рецепты успеха»*. URL: <https://drive.google.com/file/d/1xVK4lSanDZSCN6kGANHXikrGoKgpVlcwN/view> (дата обращения 15.02.2021).

The Influence of the Management Mechanism Using Digital Technologies on the Stages of the Life Cycle of Industrial Enterprises

© | Martynov L.M.
Samatova A.I.

samatova5995@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

In this paper, the relevance of the problem of the influence of the management mechanism on the stages of the life cycle of industrial enterprises is considered. The fourth Industrial Revolution accelerated the introduction of digital technologies in all spheres of society. The necessity of introducing a new digital management mechanism for its use in management actions at the stages of the life cycle of industrial enterprises in the digital economy is revealed.

Keywords: life cycle, management mechanism, digital mechanism, digital economy

УДК 338.364

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-027

Проблемы автоматизации управления опытным производством

© | Масленникова Юлия Леонидовна

maslennikova.yuliya@yandex.ru

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

Приведена структура автоматизированного управления предприятием. Определено понятие опытного производства. Представлены основные проблемы опытного производства. Рассмотрены системы автоматизации планирования опытного производства. Выявлены причины несостоятельности современных автоматизированных систем для управления планированием опытного производства.

Ключевые слова: промышленное предприятие, опытное производство, автоматизированные системы управления предприятием, планирование опытного производства

Сегодня на промышленные предприятия внедряют автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) с целью быстроты сбора и обработки данных, необходимых для принятия решения, роста обоснованности принимаемых решений, повышения уровня точности, контроля, дисциплины, снижения затрат на основные и вспомогательные процессы и т. д. Общеизвестно, что АСУП имеют множество подсистем управления, в том числе, управления технологической подготовкой производства, материально-техническим снабжением, сбытом, качеством продукции, трудовыми ресурсами, оперативным планированием производства, бухгалтерским учетом и т. д. Основные составляющие АСУП представлены на рисунке [1].



Наиболее целесообразным и эффективным внедрение АСУП считается на предприятиях массового типа. Однако, промышленные предприятия мелкосерийного, единичного и опытного типа производства нуждаются во внедрении автоматизированных систем для сокращения производственного цикла, упрощения бизнес-процессов, роста качества продукции, увеличения ее выпуска и сокращения издержек. Обращая внимание в сторону опытного производства, необходимо отметить, что оно обладает отличительными спецификой и особенностями.

Определим опытное производство как разновидность единичного типа производства, направленное на создание опытного прототипа и доведения его до серийного производства. Технологический процесс опытного производства характеризуется частотой возвратных операций, низким процентом использования материалов, высокой длительностью, относительно высоким процентом брака, крупными межоперационными заделами. План построения технологического процесса укрупненный, сроки подготовки производства сжаты, продуктовая номенклатура широкая, продукция чаще всего не повторяется, дизайн, конструкция, технологии, организация производства подлежат постоянной доработке. Срок выпуска, затраты на производство и результаты предсказать сложно, т. е. опытное производство носит вероятностный характер.

Исходя из специфики опытного производства возникают соответствующие ему проблемы. Во-первых, это проблема нормирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проектирования, производства. Далее определение точных объемов работ, точных сроков завершения производства. Следующая проблема заключается в материально-техническом снабжении. Самой острой проблемой опытного производства считается проблема планирования. Планирование на опытном производстве происходит на уровне оперативного управления, так как смена конструкторской, технологической документации может изменяться по несколько раз в смену, также появляются срочные заказы.

Подсистема оперативного планирования АСУП строится на математических моделях оперативного управления и нацелена на решение задач автоматизированного сбора и анализа данных хода производства, календарного планирования, расчета нормативов производства, оперативного учета незавершенного производства и т. д. Основой оперативного планирования и управления для АСУП являются нормы и нормативы.

На сегодняшний день основные автоматизированные системы на рынке по планированию производства — продукты группы ERP, APS и MES. ERP (англ. *Enterprise Resource Planning* — планирование ресурсов предприятия) — организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности [2]. APS (англ. *Advanced Planning and Scheduling* — усовершенствованное (синхронное, продвинутое) планирование) — программное обеспечение для производственного планирования, главной особенностью которого является возможность построения расписания работы оборудования в рамках всего предприятия [3]. Международная ассоциация MESA предлагает следующее определение MES: «Система, состоящая из набора программных и аппаратных средств, обеспечивающих функции управления производственной деятельностью: от заказа на изготовление партии продукции и до завершения производства» [4]. Основными поставщиками ERP систем на отечественном рынке являются такие компании, как 1С, Microsoft, Корпорация «Галактика», SAP, Ansoft, Oracle, Infor, Парус, Компас и др. Основные поставщики MES-систем — SAP, Berclain Software, ORTEMS S.A.S., 1С. Основные разработчики MES-систем — TPS, Терсис, 1С, Ninety-five, Астра-Софт, Wonderware, Корпорация Галактика, CSM.

Необходимо выделить основные недостатки систем.

ERP-системы: отсутствует учет текущей загрузки оборудования и состояния обработки изделий; укрупненное планированием; высокая стоимость.

APS-системы: системы не анализируют предыдущие планы; отсутствует диспетчерский контроль; низкая оперативность перерасчета заданий и расписаний; небольшой состав критериев управления в системе; невозможно часто корректировать планы; появление особенностей утяжеляют систему; высокая стоимость.

MES-системы: отсутствует надстройка управления цепями поставок; оперируют размерностями до 200 станков; не планируется потребность в материалах; высокая стоимость.

Следует отметить, что решение задач оперативного планирования возможно только в случае использования всех трех систем в совокупности. Более того, высоки требования к оборудованию, планы не устойчивы при длительном производственном цикле, но самое основное то, что на сегодняшний день в подобных системах не учтена специфика опытного производства.

В итоге можно сказать, что разрабатываемые сегодня автоматизированные решения по планированию промышленного производства непригодны для использования на опытном производстве в связи с игнорированием такими системами особенностей самого производства и специфики его планирования. Планирование опытного производства не может быть традиционным объектом автоматизированного планирования.

Литература

- [1] Богуславский Л.Б., Дрожжинов В.И. *Основы построения вычислительных сетей для автоматизированных систем*. М., Энергоатомиздат, 2013.
- [2] Leon A. *Enterprise Resource Planning*. New Dehli, McGraw-Hill, 2008.
- [3] APS — усовершенствованное (синхронное) планирование. URL: <https://www.it.ua.ru/knowledge-base/technology-innovation/advanced-planning-and-scheduling-aps> (дата обращения 06.03.2021).
- [4] MES-системы с точки зрения организации производства. URL: <https://www.lobanov-logist.ru/library/361/55397/> (дата обращения 06.03.2021).

Problems of Automation Management in Experimental Production

© | Maslennikova Yu.L.

maslennikova.yuliya@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article presents the structure of computer-aided management of an enterprise, defines the concept of experimental production, presents the main problems of experimental production, considers automation systems for planning experimental production, reveals the reasons why modern automated systems for planning control of experimental production are unsuccessful.

Keywords: industrial enterprise, experimental production, computer-aided enterprise management systems, experimental production planning

УДК 620.178.5

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-028

Диагностика технологического оборудования на основе облачной платформы

© | Овсянников Михаил Владимирович

Подкопаев Сергей Анатольевич

Буханов Сергей Александрович

podkopaevsa@bmstu.ru

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

Представлена концепция для диагностики обрабатывающих центров с применением облачных платформ для обработки информации и ее визуализации. Описаны основ-

ные проблемы диагностики металлообрабатывающих центров в основных режимах эксплуатации.

Ключевые слова: вибродиагностика металлообрабатывающих станков, промышленный интернет, интернет вещей, SAP HС

Введение. «Индустрия 4.0» — термин, описывающий европейскую инициативу массового внедрения «киберфизических систем» в производственные процессы и системы управления предприятиями, что должно привести промышленность к четвертой промышленной революции [1, 2].

Технологическая возможность организации диагностики технического состояния сложного оборудования в форме удаленного и полностью автоматического сервиса появилась относительно недавно благодаря революционным достижениям в области информационных технологий. Это облачные системы хранения и обработки информации, новые способы обработки информации, такие как вейвлетный анализ, преобразование Гильберта–Хуанга, создание собственных базисов, машинное обучение, методы уменьшения размеров выборок, быстрые беспроводные каналы передачи крупных массивов оцифрованных данных телеметрии.

Prescriptive Maintenance — концепция, позволяющая эффективно управлять производственными активами, вырабатывая ориентированные на результат предписания по их функционированию и обслуживанию, основываясь на данных их глубокой аналитики. Она использует технологию машинного обучения с применением математических, научных и инженерных методов, позволяя повысить эффективность и надежность промышленного производства, производственных процессов и продуктов. На основе прогностических оценок и выявления факторов, положительно и отрицательно влияющих на работоспособность оборудования, система рекомендует действия, которые следует предпринять, и обеспечивает детальное ретроспективное сравнение таких факторов [3].

Системы управления производством (CMMS³, MES, ERP), получая входные данные от автоматических систем Prescriptive Maintenance реагируют на выявленные риски соответствующим образом.

Система, способная решать подобные задачи и постоянно обучаться на непрерывно накапливаемых массивах данных, может уверенно функционировать только в рамках облачного сервиса.

Можно выделить ряд трудностей, с которыми сталкиваются разработчики таких систем.

³ Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием (англ. Computerized Maintenance Management System (CMMS)) — комплекс программного обеспечения, включающий базу данных оборудования предприятия, модули планирования проведения технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта, оформления заявок на проведение ремонта, модули складского учета и заявок на покупку материалов.

- 1) автоматизация принятия решения, с применением анализа диагностических параметров с помощью нейронных сетей;
- 2) унификация систем диагностики за счет создания API для использования любых имеющихся диагностических систем на предприятии;
- 3) интеграция диагностических результатов с системами ERP, MES, CMMS, SCADA;
- 4) высокая цена ошибок в системе;
- 5) формирование и валидация обучающей выборки;
- 6) формирование пространства информативных признаков;
- 7) необходимость разрабатывать ряд дополнительных алгоритмов.

Будущее диагностических систем за счет применения ИИ. Системам диагностики в рамках этой концепции отведена важная роль. Оборудование, функционирующее в рамках ИИ, должно за счет встроенных либо предустановленных систем полностью автоматической диагностики уметь оценивать свое техническое состояние и сообщать об угрозах, выявленных проблемах и требуемом обслуживании в систему управления активами. Выявление рисков, дефектов оборудования (вплоть до конкретных узлов), оценка остаточного ресурса, формирование предписаний по техническому обслуживанию — все это должно осуществляться без участия команды экспертов либо оперативного персонала (т. е. максимально исключая влияние человеческого фактора на принятие решений) [4].

SAP HANA Cloud Platform (SAP HCP) — это высокопроизводительная ИИ-платформа для хранения и обработки данных, в основе которой лежит технология вычислений in-memory с использованием принципа построчного хранения данных, платформы, разработанной и выведенной на рынок компанией SAP SE. Архитектура SAP HCP, обеспечивает как высокоскоростную обработку транзакций, так и работу со сложными аналитическими запросами, совмещая решение этих задач в рамках единой платформы.

Кроме самой СУБД, в составе SAP HCP предусмотрены встроенный веб-сервер и репозиторий управления версиями, необходимые для разработки приложений. Приложения SAP HCP могут создаваться с использованием кода JavaScript на стороне сервера и HTML-кода.

Доступные возможности:

- анализ информации в режиме real-time с высокой скоростью на больших объемах, не агрегированных данных;
- создание гибких аналитических моделей на основе оперативных и исторических данных;
- фундамент для приложений нового поколения (например: планирование, симуляция);
- минимизация дублирования данных.

Размещение всей хранимой в SAP HANA Cloud Platform информации в оперативной памяти дает возможность эффективно проводить вычисления непосредственно в базе данных. Предприятия различных индустрий накопи-

ли и продолжают накапливать большие объемы разнородных данных, в том числе и неструктурированных. Возникают совершенно новые задачи обработки информации с целью извлечения выгоды для бизнеса и приобретения новых конкурентных преимуществ.

В SAP HANA Cloud Platform реализован богатый набор возможностей для работы с данными. Он включает библиотеку функции PAL (Predictive Analytics Library) для задач прогнозной аналитики, библиотеку бизнес-функций BFL (Business Function Library), функции по обработке неструктурированных текстов Text Analysis, набор функций по работе с геолокационной информацией, а также ряд других встроенных модулей. Все эти функции могут быть использованы для создания моделей хранения и обработки данных и написания внутренних хранимых процедур на специализированном языке SQL Script. Такой подход дает возможность провести всю необходимую обработку на стороне платформы и максимально сократить объем передаваемых данных между сервером приложений и сервером базы данных SAP HCP, что является критичным фактором с учетом объемов данных, которые накоплены в бизнес-системах.

Именно такой подход используется для дополнительной оптимизации работы систем SAP Business Suite в случае их размещения на платформе SAP HCP, где большинство ресурсоемких функций уровня приложений отдается на выполнение платформе. Благодаря этому появилась возможность ускорения транзакционных вычислений в сотни раз. Применение технологий интетуго позволило бизнес-пользователям проводить более комплексный анализ и вычисления.

Вышеперечисленные технические возможности позволяют построить на такой платформе автоматические системы принятия решения, с применением анализа диагностических параметров с помощью нейронных сетей.

Унификация систем диагностики за счет создания API для использования любых имеющихся диагностических систем на предприятии сервисом SAP HCP, наличие интеграции с системами ERP, MES, CMMS, SCADA, позволяют производить мониторинг множества параметров в одной системе с помощью ресурсоемких алгоритмов без больших затрат на архитектуру системы мониторинга.

Удобное, развернутое представление о выявленном диагнозе, за счет возможностей библиотеки SAPUI5, понять которое не требует наличие специальной квалификации в области обработки сигналов, также является неотъемлемым преимуществом платформы SAP HCP.

Формирование пространства информативных признаков. Алгоритмы машинного обучения решают задачу классификации объектов в пространстве информативных признаков. Это пространство представляет собой числовое описание объектов классификации в виде векторов значений, соответствующих некоторому набору признаков для данного объекта. Анализируя эти данные и обучаясь на них, алгоритмы машинного обучения относят объекты

к каким-то заранее определенным классам. На данном этапе необходимо привлечение специалистов для анализа диагностических признаков, которые будут использоваться в алгоритмах обучения и классификации.



Рис. 1. Формирование вектора информативных признаков по сигналу вибрации

Методы диагностики, широко использующиеся в настоящее время (метрические методы, а также спектр сигнала и спектр огибающей вибрационного сигнала) формируют пространство признаков дефектов оборудования в чрезвычайно неудобном для автоматических систем виде (рис. 1). Основная проблема в том, что размерность данного описания чрезвычайно мала для устойчивой работы алгоритмов машинного обучения и реализации на их основе универсальных систем оценки технического состояния промышленного оборудования. Это связано с тем, что традиционные методы обработки вибрационного сигнала очень просты, они были предложены более 50 лет назад и до сих пор активно применяются. Кроме того, вибродиагностика традиционно была экспертно-ориентированной областью знаний, а человек физически не способен работать с пространством признаков большой размерности.

Реализация системы вибродиагностики станка в режиме интеграции с ЧПУ. Так как большая часть ПЛК ЧПУ станка и измерительных блоков систем вибродиагностики не имеет функций обмена информацией по прикладным протоколам TCP/IP использующиеся в большинстве облачных решений (такие как HTTP, WebSocket или MQTT), возникает необходимость в конфигурации промежуточного сервера, предназначенного для конвертации протоколов полевых шин (рис. 2).

Одна из основных проблем вибродиагностики в режимах резания станка — это многопараметрическая зависимость уровня амплитуд вибрации и их образов при спектральном разложении. В современных ЧПУ в настоящий момент идет мониторинг сотен различных параметров как технологического режима, так и параметров со встроенных сенсоров защитных си-

стем станка. Данный массив данных является еще одним источником информации для обучения и функционирования интеллектуальных систем диагностики на основе сигналов вибрации.

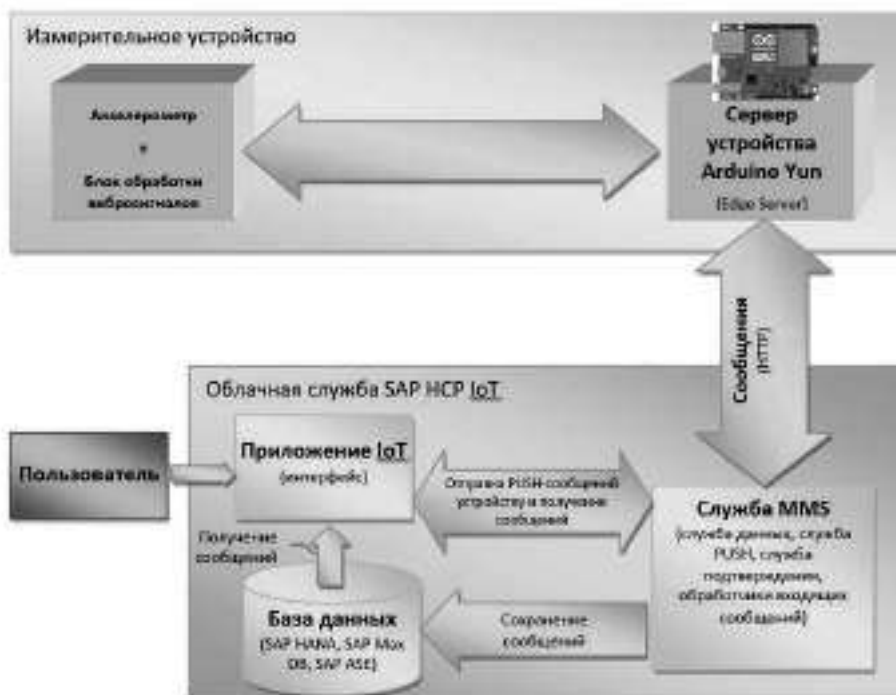


Рис. 2. Схема преобразования протоколов

Подобную конфигурацию возможно реализовать за счет синхронизации ПЛК ЧПУ и измерительного блока системы вибродиагностики. Обмен информацией между аппаратными платформами наиболее часто реализуют на поддерживаемых открытых коммутационных протоколах Modbus, ProfiBus. Зачастую вибродиагностика невозможна без специальных математических инструментов — статистических индикаторов, подсчета амплитуд гармонических индикаторов, которые присутствуют в программных платформах в таких случаях реализация обмена данными между двумя платформами возможен через OPC сервер с использованием кроссплатформенных спецификации протокола OPC UA. Такие сервера могут размещаться, а отдельных ПК в подсети цеха или в стойке оператора ЧПУ. Архивация всех измеряемых параметров (за весь период работы станка) осуществляется во внутреннюю память сервера (рис. 3).

Система диагностики в данном режиме предусматривает два основных режима:

- 1) диагностика узлов станка в холостом режиме работы;
- 2) диагностика в процессе резания.

Для проведения вибродиагностики в холостом режиме необходима интеграция измерительного блока с ПЛК системы управления станка. Подавляющее большинство ПЛК имеет программируемые логические выходы, один из этих выходов может использоваться в качестве логического входа (TTL 0...+5 В или +12...24 В) в измерительном блоке. Выбранный логический выход ПЛК должен быть запрограммирован на высокий логический уровень в момент исполнения предварительно заданной команды в G-коде (команда разгона шпинделя в холостом режиме на оборотах $\approx 80\%$ максимальных). Диагностические измерения вибрации шпиндельного узла рекомендуется проводить на холостом режиме с зажатым в патроне инструментом. Рекомендуемая скорость шпинделя во время замера $\approx 80\%$ максимальных оборотов указанных в паспорте станка.

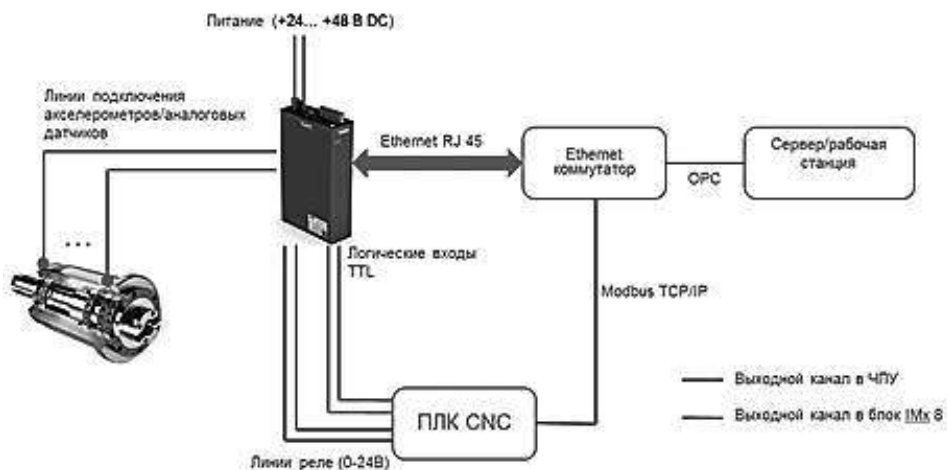


Рис. 3. Архитектура систем вибродиагностики станка

При получении данного триггерного сигнала с ПЛК станка измерительный блок начинает многопараметрический замер вибрации.

Собранные данные оцифровываются АЦП и записываются в БД замеров на сервере приложений.

Типовое значение времени замера вибрации находится в диапазоне 10-30 секунд, и зависит от выставленной скорости шпинделя. В течение проведения всего замера вибрации на холостом режиме, шпиндель должен находиться в стационарном скоростном режиме работы для избегания распыливания частот в спектре вибрации.

При превышении заданных пороговых уровней вибрации на любом аналоговом канале измерения, срабатывает одно из двух твердотельных реле

(+24В). Каналы реле могут быть заведены в ПЛК ЧПУ станка для автоматической диспетчеризации аварийного режима работы станка.

В режиме обработки заготовки диагностировать состояние подшипниковых узлов нерационально, так как составляющие подшипниковых гармоник будут заглушаться вибрацией режущего инструмента. Поэтому диагностика в данном режиме предназначена для выявления наличия более низкочастотных дефектов:

- износ инструмента;
- дисбаланс инструментальной сборки;
- резонансный режим обработки;
- защита от удара инструмента на быстрых подачах.

В данном режиме помимо параметров вибрации также происходит мониторинг технологических параметров с высокой частотой опроса в течение всего периода работы станка.

Далее перечислены необходимые параметры в порядке их приоритета:

- обороты шпинделя;
- данные с внутренних датчиков станка;
- глубина резания;
- подача;
- скорость резания;
- индикация состояния станка с ПЛК.

Собранные данные оцифровываются АЦП и записываются в БД замеров на сервере приложений.

Просмотр архива измерений происходит на сервере приложения, по месту через мобильное приложение или удаленно с помощью экспорта БД замеров (рис. 4).

Для реализации анализа вибрации измерительный блок должен поддерживать следующие инструменты для обмена данными с внешними системами:

- протокол передачи данных Modbus TCP/IP; RTU или аналог;
- цифровые входы тахо/логических сигналов;
- OPC протокол обмена между сервером и системой ЧПУ (Требуется установка OPC сервера).

Заключение. В работе предложены концепция, архитектура и основные функции облачной системы диагностики оборудования в условиях «Индустрия 4.0» в рамках интегрированной системы управления жизненным циклом машиностроительной продукции. Разработан алгоритм и программное обеспечение канала подключения устройств к облачной платформе SAP HANA Cloud Platform. В настоящее время реализована первая очередь системы управления жизненным циклом, которая показала техническую возможность реализации данного проекта. В дальнейшем предполагается реализация основных этапов жизненного цикла на основе облачной платформы и оценка их эффективности.

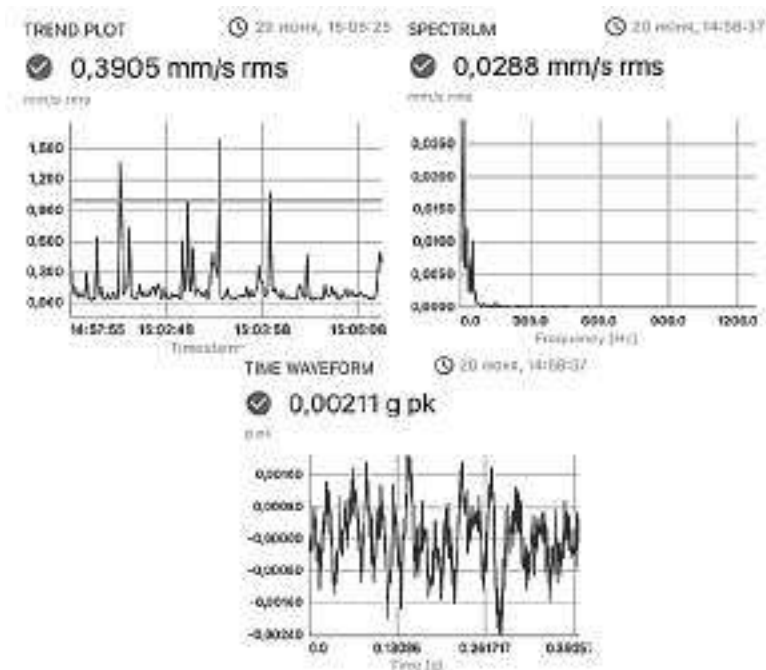


Рис. 4. Пример интерфейса просмотра результатов измерения через мобильное приложение

Литература

- [1] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/advancing-manufacturing-advancing-europe-report-task-force-advanced-manufacturing-clean.pdf> (дата обращения 20.03.2021).
- [2] Batura T.V., Murzin F.A. Cloud computing: concepts, tasks and development trends. *Software products. Systems and algorithms*, 2014, no. 1, pp. 1–22.
- [3] <https://www.pega.com/system/files/docs/2017/Jun/Digital-Prescriptive-Maintenance.pdf> (дата обращения 20.03.2021).
- [4] <https://www.vibrobox.ru/technology/> (дата обращения 20.03.2021).

Diagnostics of Process Equipment Based on a Cloud Platform

© Ovsyannikov M.V.
Podkopaev S.A.
Bukhanov S.A.

podkopaevsa@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article presents a concept for diagnostics of processing centers using cloud platforms for information processing and visualization. The main problems of diagnostics of metal-working centers in the main modes of operation are described.

Keywords: vibration diagnostics of metalworking machines, industrial internet, internet of things, SAP HCM

УДК 681.3

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-030

Знания и эффективность управления ресурсами на единой технологической платформе — основа развития систем управления жизненным циклом изделий

© | Овчинников Сергей Андреевич¹
Фаллер Константин Петрович¹
Шпилевой Виктор Филиппович¹
Ларюхин Владимир Борисович²
Скобелев Петр Олегович²

osa@smartexecutive.ru

¹ ООО «Фаллер и Партнеры», Москва, 119019, Россия

² НАО «Группа компаний «Генезис знаний», Москва, 121205, Россия

Рассмотрена проблематика формирования единой управленческой технологии для систем управления полным жизненным циклом изделий в цифровой эко-системе интеллектуальных систем управления ресурсами и современная практика их создания.

Ключевые слова: единая управленческая технология, управление, база знаний, жизненный цикл, мультиагентная технология, сетевый подход, онтология, управление ресурсами и процессами, реальное время

Создание систем сквозного управления процессами и ресурсами полного жизненного цикла (ПЖЦ) высокотехнологичной продукции с достижением технической и экономической эффективности производственных систем остается актуальной задачей.

Выделим следующие проблем создания систем управления ПЖЦ.

Проблема роста сложности новых задач и создания новых знаний, что выдвигает задачи управления знаниями и формирование необходимых компетенций на первое место. Типовой «исполнитель» — инженер или рабочий переходит в категорию акторов, действующих на основе интеллектуального капитала. Знания и умения сотрудников становятся основным ресурсом предприятий для реализации цели и задач.

Проблема эффективности управления всем объемом ресурсов, включая интеллектуальные. Важно не только их наличие, а их эффективное применение [1]. Задача эффективности систем управления ПЖЦ отражена в указе Президента России от 7 мая 2012 г. № 603 по созданию систем управления ПЖЦ. Минобороны США в 2014 г. в программе «Инициатива в области обо-

ронных инноваций» (Defense Innovation Initiative, DII) выделило задачу развития эффективных бизнес-моделей планирования, разработки и закупки вооружения, военной и специальной техники как отдельное направление [2].

Проблема формирования единой технологии управления ПЖЦ изделий как совокупности процессов, построенных на общих принципах и подходах [3].

Есть ли механизм взаимосвязанного решения этих проблем? Сегодня, как правило, системы управления процессами ПЖЦ создаются на основе различных решений: для разработки создаются на базе программного обеспечения типа MS Project, а для производства на базе программного обеспечения типа APS, MES. Указанное программное обеспечение созданы на различных технологических платформах, имеют дискретные циклы планирования, жесткие технологические модели процессов, в которых формализация и накопление знаний для принятия решений практически нереализуема.

Фактически, в силу дискретности планирования и развития изменений в процессах по мере их реализации, управление сложными многоуровневыми процессами остается в режиме «ручного управления».

Традиционный подход ручного управления, например для НИОКР, основан на экономическом планировании задач и контроле в рамках заданного бюджета, объема труда и, как правило, основывается на распределении заказа по «средней численности сотрудников» в структурных подразделениях, управлении накладными расходами для максимизации выручки /прибыли. Искусство управления тут выражается в распределении трудозатрат по подразделениям. Некая «виртуальная» экономика. Но если при одном-двух проектах это может давать продуктивный результат, то при управлении большими программами на практике можно наблюдать проблемы с обеспечением контрактных обязательств.

При «ручном» управлении глубинные знания специалистов играют ключевую функцию, что никак не отражаются в существующих автоматизированных системах. При этом знания выступают как особая форма информации, которая обладает определенными свойствами, семантическими и прагматическими отношениями, что позволяет решать прикладные задачи. Такого рода знание составляет основу технологии управления. Но если удастся «оцифровать знания», возникает возможность реализовать принципиально новый подход, который основывается на автоматическом ситуационном распределении задач по реальным компетенциям всех сотрудников, способных их решать с учетом их реальной продуктивности и другого контекста ситуации. В этом случае искусство управления будет выражаться в планировании задач по сотрудникам, способным создавать реальную ценность и в управлении их знаниями с принятием решений в реальном времени. Управление на основе знаний позволяет обеспечить наилучшее сочетание задач и ресурсов по их продуктивности с достижением наивысшей эффективности. Знания становятся реальной базой экономического роста.

Опыт показывает, что первым этапом в реализации подхода на основе управления знаниями является идентификация знаний. Идентификацию знаний предлагается проводить по трем компонентам:

- 1) организационные — знания, относящиеся к различным аспектам организации деятельности (процессов);
- 2) технологические — знания, которые используются при реализации деятельности (процессов), в том числе являющиеся ее результатами;
- 3) социальные — знания об экспертах.

Для понимания направлений деятельности/процессов организации, по которым проводится идентификация знаний, можно применять специальные средства структурированного описания (например, систему бизнес-моделирования Business Studio). Получаемые модели позволяют наглядно увидеть, как организована деятельность, какие технологии реализации деятельности применяются, кто участвует в исполнении деятельности. Не менее популярны становятся корпоративные порталы и форумы, википедии, социальные сети, мобильные приложения и т. д.

Сегодня технология «оцифровки» знаний уже реализована. Передовые информационные технологии позволяют создать базу знаний, в основе которой лежат описанные на основе онтологий предметной области и «оцифрованные» в виде семантической сети структуры базовых планов работ и процессов, результаты и требования к ним, компетенции и продуктивность сотрудников, технологическое оборудование.

База знаний становится интеллектуальным центром системы управления ПЖЦ. Она обеспечивает ввод знаний в систему планирования для сквозного управления всеми задачами ПЖЦ. Таким образом, проблема формирования и накопления знаний сегодня имеет практическую реализацию.

Проблема эффективности управления ресурсами на основе знаний сегодня реализует сквозное согласованное адаптивное планирование процессов и ресурсов в реальном времени на основе цифровой платформы мультиагентных систем (МАС), в которой многоуровневые структуры задач и ресурсов взаимодействуют в режиме реального времени, обеспечивая оптимизацию ресурсов и максимизацию результатов.

Мультиагентные системы относятся к системам искусственного интеллекта, но реализующим природоподобные принципы самоорганизации и эволюции для управления ресурсами. Они могут служить инструментом взаимодействия современных распределенных сетевых сообществ задач и ресурсов, описанных в виде «малых» автономных программ: «агенты потребности» и «агенты возможностей», которые взаимодействуют асинхронно, параллельно и непрерывно, реализуя автоматическое связывание и планирование многоуровневых задач самой высокой сложности [4]. Агенты самостоятельно строят «планы» различных процессов, поддерживая заданную последовательность с достижением наивысшей «загрузки» ресурсов агента.

Интеграция баз знаний и МАС-платформы позволила создать технологию для организации интеллектуального автоматизированного управления многоуровневыми задачами, процессами и ресурсами в режиме реального времени без задержки на решение с оптимизацией и максимальной эффективностью применения имеющихся ресурсов. Таким образом, проблема достижения эффективности управления всем объемом ресурсов в режиме реального времени также имеет решение.

Системы обеспечивают интеллектуальную оперативную перестройку производственных процессов под задачи и сроки с автоматическим формированием планов производства в непрерывном режиме реального времени с максимизацией результативности выделенных ресурсов.

Взаимная согласованность данных планов обеспечивает достоверность и точность финансово-экономического планирования и принятия решений.

Практическая работы по развитию МАС-технологий, показали возможность создания систем, которые охватили все этапы ПЖЦ: управление проектами НИОКР; управление производством; управление сервисным обслуживанием в эксплуатации; управление логистикой цепочек поставок и перевозок.

Созданы интеллектуальные системы «технологического» управления, например, для диспетчеризации управления железнодорожным транспортом.

Системы обеспечили рост эффективности управления основной деятельностью до 20...40 %, сокращение циклов производства до 30 %, рост выработки, объема заказов на 16...20 % [5–7].

Полученный опыт показывает практическую возможность формирования единой сквозной платформы эффективного управления процессами и ресурсами на основе развития МАС-систем и экосистем для реализации общей технологии управления процессами и ресурсами на базе «интеллекта» оцифрованных знаний о всей совокупности процессов и ресурсов (см. рисунок).



Концептуальная архитектура цифровой экосистемы управления процессами и ресурсами ПЖЦ

Особенность предложенного подход заключается в выделении в системе управления ПЖЦ знаний, процессного и ресурсного управления в отдельную функциональную задачу, отделив от систем инжиниринга, что позволяет формировать пути достижения общего понимая в технологии управления на всех этапах ПЖЦ за счет применения цифровой экосистемы МАС.

Предложенный механизм позволяет реализовать модель общей технологии управления без разрушения существующих информационных систем на предприятиях оборонно-промышленного комплекса и создает предпосылки для прорыва «концептуального управленческого тупика» за счет и достижения эффективности управления на базе новых информационных технологий, тем самым реализовав решение третьей проблемы.

Представляется, что, используя именно российские технологии интеллектуального управления, возможно согласовано решить следующие проблемы: управление знаниям и компетенциями; обеспечение роста эффективности управления всей совокупностью процессов и ресурсов ПЖЦ на стратегическом и оперативном уровнях; обеспечение единой сквозной технологии управления ПЖЦ.

Литература

- [1] Ганус Ю.А., Старожук Е.А. Модель ключевой компетенции как базовая методика управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в долгосрочной перспективе. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1111–1134.
- [2] Буренок В.М. Концептуальный тупик. *Вооружение и экономика*, 2019, № 3, с. 4–10.
- [3] Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. *Вооружение и экономика*, 2014, № 2, с. 4–9.
- [4] Городецкий В.И. и др. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем. *Управление большими системами*, 2017, вып. 66, с. 94–157.
- [5] Rzevski G., Skobelev P. *Managing complexity*. London, WIT Press, 2014.
- [6] Скобелев П.О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития. *Информационные технологии*, 2013, № S1, с. 1–32.
- [7] Городецкий В.И., Ларюхин В.Б., Скобелев П.О. Концептуальная модель цифровой платформы для кибер-физического управления современным предприятием. Часть 1. Цифровая платформа и цифровая экосистема. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2019, т. 20, № 6, с. 323–332.

Knowledge and Efficiency of Resource Management on a Unified Technological Platform – the Basis for Development of Product Life Cycle Management Systems

© | Ovchinnikov S.A.¹
Faller K.P.¹
Shpilevoy V.F.¹
Laryukhin V.B.²
Skobelev P.O.²

osa@smartexecutive.ru

¹ Faller and Partners LLC, Moscow, 119019, Russia

² Genesis of Knowledge Multicorporate Enterprise, Moscow, 121205, Russia

The problem of forming advanced knowledge-management technology for covering product life cycle in the industrial applications in the digital eco-systems of smart resource management systems, as well as the modern practice of developing and deploying these systems, is considered.

Keywords: *unified management technology, management, knowledge base, life cycle, multi-agent technology, network-centric approach, ontology, resource and process management, real time*

УДК 681.3

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-029

Обеспечение эффективности жизненного цикла продукции на основе развития современных методов проектирования и технологий инжиниринга

© | Овчинников Сергей Андреевич
Фаллер Константин Петрович
Шпилевой Виктор Филиппович

osa@smartexecutive.ru

ООО «Фаллер и Партнеры», Москва, 119019, Россия

Рассмотрена проблематика применения современных методов проектирования и технологий инжиниринга для обеспечения эффективности жизненного цикла высокотехнологичной продукции.

Ключевые слова: *жизненный цикл, надежность, стоимость жизненного цикла, государственные стандарты создания высокотехнологичной продукции*

Определение приоритетов и фокуса усилий научных и инженерных школ для повышения эффективности полного индустриального жизненного цикла (ЖЦ) высокотехнологичной продукции в соответствии с указом Президента России от 7 мая 2012 г. № 603 [1] остается актуальной задачей.

Повышение эффективности ЖЦ сегодня определяется не только условием обеспечения конкурентоспособности на внешних рынках, но и потребностью внутреннего заказчика в оптимизации программ обеспечения эксплуатации.

Введение сервисного обслуживания затронуло некоторые ожидания промышленности в возможности дополнительных доходов, которые, как представляется, не совсем совпадает с целями заказчика, который, скорее всего, стремиться к более эффективным организационно-техническим и финансово-экономическим решениям поддержки эксплуатации.

Возможно ли нахождение продуктивного баланса интересов промышленности и заказчиков на этом направлении в рамках развития концепции управления ЖЦ? В первую очередь отметим, что сегодня теория и практика управления ЖЦ не рассматривает отдельно понятия «стоимости ЖЦ» и «боевой и технической эффективности», которые в определенной степени определяются надежностью. Данные понятия рассматриваются в качестве общего единого показателя. В большинстве случаев, за исключением специальных областей, целью является не максимальная эффективность–надежность, а приемлемый баланс двух показателей: «эффективность–надежность» и «стоимость ЖЦ», действующих одновременно.

Необходимо отметить, что в реальном инженерном деле при разработке, производстве и обеспечении эксплуатации, все показатели эффективности и стоимости являются следствием принятых решений на стадиях исследований и разработки.

В материалах [2], посвященных методам управления стоимостью ЖЦ в НАТО, представлена диаграмма изменения стоимости ЖЦ по стадиям, которая показывает, что 80 % будущей стоимости ЖЦ формируется на стадиях исследований и разработки. Это ясно показывает, что последующие попытки существенно изменить объем затрат на поддержку эксплуатации, которые, по различным источникам составляют от 30 до 60 % общей стоимости ЖЦ, могут оказаться совершенно нерезультативными.

Представляется, что сосредоточив научные и инженерные усилия на таких ключевых областях ЖЦ, как «исследования–разработка» и «эксплуатация», возможно решить часть задачи повышения эффективности ЖЦ в целом.

В настоящее время в России деятельность в области исследований и разработки определяется стандартами системы разработки и постановки на производство (СРПП) и единой системы конструкторской документации (ЕСКД), которые практически более 40 лет не меняют концепцию и методологию разработки. Появившийся ГОСТ 2.052–2006 [3] рассматривает электронную модель исключительно с позиций геометрической модели (п. 3.1.2), а в стандарте ГОСТ 2.102–2013 [4] отсутствует категория документации, эквивалентная «цифровому двойнику».

Проведенные исследования по направлению Национальной технологической инициативы «Технет» [5] прямо указывают на эффективность перехода к современным технологиям и методам управления ЖЦ, которые обеспечи-

вают представление информации о продукте на всех стадиях ЖЦ, начиная с процесса создания и при эксплуатации, обеспечивая существенные экономические эффекты и сокращение сроков вывода новых изделий в эксплуатацию.

Применение современных информационных технологий для проектирования вызывают существенный рост объема моделирования, инженерных расчетов и потребности в глубоких инженерных знаниях, что, по данным компании Boeing, ведет к изменению соотношения между инженерами-конструкторами и инженерами-расчетчиками от 5:1 к 1:2. Технология «цифровых двойников» с использованием компьютерного инжиниринга, методов многопараметрической и многокритериальной оптимизации технических характеристик одновременно обеспечивают возможность множественных «виртуальных испытаний» и моделирования различных технических процессов, оценку изменений технических характеристик во времени и прогнозирование надежности.

В области эксплуатации сегодня требования стандартов СРПП и ЕСКД сохраняют традиционный подход к организации эксплуатации на основе инструкций по эксплуатации на базе исключительно ресурсной методологии технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

В тоже время в области теории и практики ТОиР произошли значительные изменения. Выпущен ГОСТ Р 27.606–2013 [6], который вводит риск-ориентированный, надежностный подход, призванный обеспечить эффективные решения ТОиР в условиях финансово-экономических ограничений.

В России одна из наиболее высокотехнологичных и ответственных отраслей — гражданская авиация перешла на новую методологию ТОиР, основанную на развитии методов оценки надежности и обслуживания по техническому состоянию. Выпущен ГОСТ Р 57907–2017 [7] и методические рекомендации [8], которые реализует современные практики ТОиР на основе методов обслуживания по техническому состоянию, что обеспечивает существенные экономические эффекты.

Практическое развитие процессов ЖЦ высокотехнологичной продукции показывает, что фундаментальные знания и ресурсы инжиниринга сосредотачиваются на начальном этапе при создании продукции и на этапе эксплуатации.

Сегодня сформировались условия, которые позволяют реализовать задачу не только совершенствования правил разработки и изменения нормативной базы, стандартов и т. п., но и начать реальные работы по выработке новых системных подходов к проектированию и эксплуатации изделий на основе «цифровых двойников–моделей» и развитых методов ТОиР.

Важно отметить, что необходима не только разработка новых стандартов, включая ЕСКД, с введением электронной документации, но и введение нового вида конструкторской документации на основе концепции «цифрового двойника–модели», которая обеспечит поддержку управления полным ЖЦ с достижением наиболее эффективных технических и экономических результатов. Общая схема предлагаемых изменений представлена на рисунке.



Общая схема изменений концепции и правил проектирования и эксплуатации высокотехнологичной продукции

Фокусом изменений нормативных требований, в том числе стандартов, является введение обязательств со стороны разработчика — генерального конструктора по созданию нового вида конструкторской документации по управлению надежностью и стоимостью всего ЖЦ, в том числе на этапе эксплуатации. Данная документация могла бы создаваться в виде электронных моделей, обеспечивающих на стадиях исследований и разработки формирование не только технических, но и надежность-эксплуатационных характеристик с оценкой ожидаемой стоимости эксплуатации и всего ЖЦ.

На стадии эксплуатации электронные модели становятся инструментом заказчика для оценки технического состояния изделий и позволят управлять показателями эффективности и стоимости для выработки оптимального баланса целей, задач с учетом ресурсных возможностей.

У генерального конструктора расширяются обязанности в сравнении с текущими, а у заказчика появляются принципиально новые возможности для управления своими ресурсами с целью достижения оптимальных решений по боевой эффективности.

Для научных и инженерных школ формируется значительный объем задач, решение которых могло бы существенным образом повлиять на вновь создаваемую продукцию и стать интересным для Заказчика в качестве реального подхода для поиска баланса показателей «эффективность–надежность–стоимость ЖЦ».

Литература

- [1] Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации»

- Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса».
- [2] Marcel C. Smit. A North Atlantic Treaty Organization framework for life cycle costing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2012.
- [3] ГОСТ 2.052–2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. М., Стандартинформ, 2006.
- [4] ГОСТ 2.102–2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. М., Стандартинформ, 2014.
- [5] Прогноз развития рынков, включенных в направление Национальной технологической инициативы «Технет». URL: http://assets.fea.ru/uploads/fea/media/2019_prilozhenie_2.pdf (дата обращения 20.03.2021).
- [6] ГОСТ Р 27.606–2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М., Стандартинформ, 2014.
- [7] ГОСТ Р 57907–2017. Воздушный транспорт. Техника авиационная гражданская. Ремонт по техническому состоянию. Общие требования. М., Стандартинформ, 2014.
- [8] Методические рекомендации МР-03-001 «По одобрению программ технического обслуживания воздушных судов, зарегистрированных в государственном реестре гражданских воздушных судов».

Ensuring Efficiency of the Life Cycle of Products Based on Development of Modern Design Methods and Engineering Technologies

© | Ovchinnikov S.A.
Faller K.P.
Shpilevoy V.F.

osa@smartexecutive.ru

Faller and Partners LLC, Moscow, 119019, Russia

The problems of applying modern design methods and engineering technologies to ensure the efficiency of the life cycle of high-tech products are considered.

Keywords: *life cycle, reliability, life cycle cost, state standards for creating high-tech products*

УДК 629.7

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-031

Предиктивная модель управления техническим состоянием беспилотных летательных аппаратов

© | Осяев Анатолий Тимофеевич¹
Ганюшкина Наталья Алексеевна²

osyaev@mail.ru
nganushkina@yandex.ru

¹ МАИ, Москва, 125593, Россия

² АО «Кронштадт», Санкт-Петербург, 199178, Россия

Рассмотрена предикативная модель управления техническим состоянием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особое внимание уделено интеграции различных групп датчиков, формируемых информационную сеть управления техническим состоянием БПЛА: датчики состояния полета; датчики интеллектуального крыла; датчики планера; датчики двигательной установки. В зависимости от поставленной задачи они ведут контроль и техническое диагностирование структурных единиц и узлов БПЛА. Для решения комплексной задачи по управлению технико-экономическими показателями предложена интегрированная система управления техническим состоянием БПЛА, выполняющая проектирование технического обслуживания и ремонта, проектирование материально-технического обеспечения и ряд других задач. Работа может быть полезна научным и инженерно-техническим работникам, работникам конструкторских бюро, аспирантам и студентам, занимающимся проблемами информационной интеграции процессов жизненного цикла высокотехнологической продукции.

Ключевые слова: *CALS-технологии, интегрированная логистическая поддержка, жизненный цикл, CAD/CAM, сервис, доступность, ремонт*

В жизнь разработчиков и эксплуатантов российской авиационной техники (АТ) давно вошло понятие жизненного цикла изделия (ЖЦИ), однако многие современные технологии с трудом адаптируются в реалии отечественного производства, что заметно тормозит развитие нашей АТ и ее конкурентоспособность на мировом рынке. Современные технологии все больше приобретают цифровой характер и если методы проектирования уже полностью перешли в цифровой мир, то инструменты интегрированной логистической поддержки и послепродажного обслуживания (ППО) только догоняют установленные мировые стандарты. Возможно, необходимо уделить более пристальное внимание технологиям предиктивного анализа и Big Data.

Предиктивная аналитика легко справляется с обработкой больших массивов информации и часто используется совместно с Big Data технологиями. Big Data позволяет работать с большим объемом структурированных и не структурированных данных под определенные задачи и получать конкретные результаты. В случае использования применительно к АТ такие технологии позволяют получать хорошие результаты в области прогнозирования отказов. На данный момент эффективнейший путь повышения экс-

платационной надежности заключается в возможности прогнозирования неисправностей, путем предсказания возможности их появления, отслеживания технического состояния агрегатов и узлов изделия с их последующим ремонтом или снятием с эксплуатации, а следовательно, исключения даже возможности проявления неисправностей. Сам принцип обработки предиктивными методами данных позволяет увидеть определенные и незаметные закономерности, которые не может увидеть человек при классических методах анализа.

Согласно исследованиям Национального исследовательского университета, в тройку ведущих глобальных технологических трендов в авиастроении входит: развитие более «электрифицированных» самолетов (More Electric Aircraft) и создание интегрированной модульной авионики для повышения эффективности использования бортового оборудования.

Современные предприятия, а точнее многие крупные авиационные компании принимают за основу своего дальнейшего развития стратегию цифровизации деятельности и внедрение современных информационных технологий в процессы проектирования и планирования ППО направлено на повышении производительности компании за счет улучшения эффективности внутренних и внешних процессов.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) состоит из следующих структурных единиц (рис. 1): планер; фюзеляж; блок шасси; крыло; двигательная установка, на борту размещены блоки радиоэлектронного оборудования (БРЭО).

Используя методологию анализа АВПКО, возможно рассчитать риски эксплуатации основного оборудования и на основе ранжирования отказов построить диагностическую модель БПЛА (рис. 2).



Рис. 1. Функциональная схема управления БПЛА

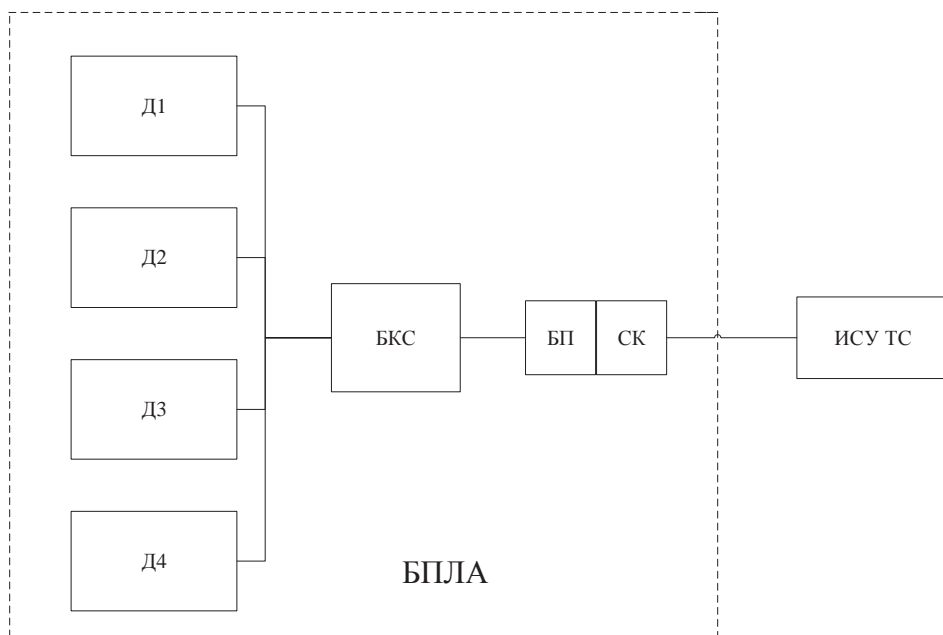


Рис. 2. Структурная схема организации диагностирования оборудования БПЛА: Д1 — блок датчиков ответственных узлов; Д2 — блок «интеллектуальных» датчиков крыла; Д3 — блок датчиков планера; Д4 — блок датчиков БРЭО; БС — блок связи; БП — блок памяти; СК — съемная кассета; ИСУ ТС — интегрированная система управления техническим состоянием БПЛА

Основными этапами обработки информации с БПЛА, для которых разработаны алгоритмы работы и соответствующее программное обеспечение, являются:

- сбор сообщений и данных об условиях полета;
- сбор сообщений и данных диагностирования оборудования БРЭО;
- сбор данных о системе «интеллектуальное крыло» в условиях эксплуатации;
- сбор сообщений и данных по двигательной установке;
- определение предельных характеристик (минимальное и максимальное отклонение параметров от определенного среднего) в файлах отчета о параметрах состояния ТС на основе информации о структуре статистических характеристик модели с наименьшим значением суммы квадратов отклонений;
- получение оптимальной модели для временного тренда в виде массива структур «модель — статистические характеристики» на основе линейной, экспоненциальной, логарифмической и полиномиальной (при изменении степени) аппроксимации соответствующих зависимостей параметров файлов отчета;

- получение прогноза состояния оборудования БПЛА на соответствующее прогнозное время;
- определения параметра состояния БПЛА с наименьшим значением прогнозного времени, при котором произойдет выход за допустимые пределы;
- проверка соответствия состояния на основе проведенного мониторинга и прогнозирования состояния оборудования БПЛА.

Анализируя текущую ситуацию в обслуживании БПЛА в целом и их ремонте, стоит выделить ряд основных характерных моментов, являющихся в то же время и недостатками [1, 2]:

- большое число планово-предупредительных ремонтов (ППР), которые должны часто перепланироваться; планирование ППР занимает большое количество времени и ресурсов;
- существует опасность пропуска планового ТО;
- двойной ввод данных вручную (запись на бумаге, а затем перенос данных на компьютер);
- непродуктивное использование рабочего времени, из-за отсутствия запаса деталей и запчастей для ремонта.

Для решения поставленных задач рассматривается система «Атом», разработанная в одном из научно-исследовательских институтов Министерства обороны Российской Федерации.

Промышленная технология автоматизированной интегрированной информационно-аналитической среды системы управления жизненным циклом основана на глобальном распределении хранилища данных. Главным назначением является формирование единой автоматизированной интегрированной системы управления жизненным циклом БПЛА на основе единого хранилища данных.

Основными преимуществами интеграции с системой «Атом» станут:

- возможность сбора и систематизация данных от датчиков, и представление их оператору в удобном для него виде, например, могут поступать на обработку в формате таблицы MS Excel;
- ввод заданий алгоритмам автоматического управления;
- быстрое распознавание аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии процесса.

К достигаемым эффектам моделирования жизненного цикла БПЛА с элементами предиктивной аналитики данных можно отнести: сокращение времени простоя аварийного оборудования; повышение надежности; снижение числа аварий; минимизация риска инцидентов; управление техническим состоянием оборудования; сокращение затрат; что позволит существовать поднят коэффициент готовности БПЛА.

Литература

- [1] Бужинский Е.П. Приоритеты развития беспилотников: от военного дела к экономике. *Индекс безопасности*, 2014, т. 20, № 2, с. 109–118.

- [2] Радайкин А.Г. Инвестиционный потенциал и перспективы развития производства беспилотных авиационных систем в России. *Горизонты экономики*, 2019, № 6, с. 44–52.

A Predictive Model for Managing the Technical Condition of an Unphanced Vehicle

© | Osyaev A.T.¹
Ganyushkina N.A.²

osyaev@mail.ru
nganushkina@yandex.ru

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, 125593, Russia

² JSC “Kronshtadt”, St. Petersburg, 199178, Russia

The article examines the pre-intuitive model of management of the technical condition of the UAV. Particular attention is paid to the integration of different groups of sensors formed by the information network of management of the technical condition of the UAV. These are flight state sensors, intelligent wing sensors, glider sensors, propulsion sensors. Depending on the task at hand, they monitor and technically diagnose the structural units and nodes of the UAV. To solve a complex management problem. The technical and economic indicators are proposed by an integrated system of management of the technical condition of the UAV performing maintenance and repair design, logistics design and a number of other tasks. The article can be useful to scientists and engineers, design bureau workers, graduate students and students engaged in the problems of information integration of the life cycle processes of high-tech products.

Keywords: CALS technology, integrated logistic support, life cycle, CAD/CAM, service, availability, repair

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-032

Модернизация нормативно-правовой базы жизненного цикла продукта

© | Панкова Анна Сергеевна
Кочетков Максим Николаевич
Старожук Евгений Андреевич

pankovaas@student.bmstu.ru
estar@bmstu.ru

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

Актуальность работы обусловлена значительным снижением объема российского экспорта вооружения и военной техники. В условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса необходимо улучшить систему управления жизненным циклом высокотехнологичной продукции.

Ключевые слова: предприятие оборонно-промышленного комплекса, жизненный цикл продукции военного назначения

Россия является мировым экспортером вооружения и военной техники (ВВТ) и занимает ведущую позицию на данном рынке [1]. Однако в первом квартале 2020 г. отечественный экспорт ВВТ снизился на 36 % по сравнению с тем же периодом годовой давности [2]. Для улучшения позиции нашей страны на мировом рынке вооружений необходимо не только разрабатывать и производить качественную высокотехнологичную продукцию, но и постоянно совершенствовать подход к управлению производством, а точнее к управлению жизненным циклом продукции военного назначения (ПВН). Сейчас в России управление жизненным циклом ПВН происходит согласно ГОСТ Р 56135–2014 [3]. Необходимо отметить, что на сегодняшний момент данный стандарт утратил свою актуальность. Свой стандарт управления жизненным циклом ПВН есть и у США [4]. В таблице представлены оба эти стандарта.

Сравнение стандартов

Директива 5000.1		ГОСТ Р 56135–2014	
№	Название фазы	№	Название фазы
0	Предконцептуальная	1	Создание научно-технического задела
1	Исследование и формулирование концепции	2	Формирование концепции образца ПВН
2	Демонстрация и подтверждение концепции	3	Разработка
3	Инженерная и промышленная разработка	4	Производство
4	Серийное производство и развертывание	5	Эксплуатация
5	Эксплуатация и материально-техническое обеспечение	6	Капитальный ремонт (при необходимости)
6	Снятие с вооружения	7	Утилизация

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны данных стандартов.

Основное преимущество американского подхода заключается в наличии «нулевой» фазы жизненного цикла системы вооружения. Данная фаза позволяет не только верно оценить имеющиеся возможности и потребности для формирования концепции, а также позволяет сократить расходы (финансовые вложения и время на разработку нерентабельного проекта).

Отечественный стандарт предлагает начинать разработку ВВТ с создания научно-технического задела, определяя требования к образцу ПВН и варианты реализации данных требований. Создание продукции стоит начинать не с вопроса, что создать, а с вопроса, какие задачи необходимо решить. Имея представление о целях и задачах проекта, можно переходить к оценке имеющегося научно-технического задела, анализируя имеющееся оборудование и производственные площади, освоенные технологии, опыт лабораторных исследований.

Рассмотрим фазу демонстрации и подтверждения концепции. На данном этапе разрабатывают не только макеты, но и происходят коммуникации с

первыми заказчиками и поставщиками. Данный этап позволяет оценить оперативную эффективность и стоимость жизненного цикла по критерию «эффективность — стоимость». В России концепция тоже подлежит подтверждению, однако в отельную фазу это не вынесено. Это означает, что как таковой этап демонстрации в отечественной практике отсутствует.

Преимуществом отечественного подхода является наличие фазы капитального ремонта. Ремонт может осуществлять предприятие-изготовитель совместно с соисполнителями. Данная фаза помогает сократить расходы на производство новой техники. Однако данной фазе может предшествовать фаза модернизации или модификации. В качестве успешного примера модернизации можно привести авианосец «Викрамадитья» (бывший «Адмирал флота Советского Союза Горшков») [5].

Очевидно, что необходимо пересмотреть ГОСТ Р 56135–2014. Симбиоз рассмотренных выше стандартов поможет исправить недочеты отечественного подхода к жизненному циклу ПВН. ГОСТ необходимо расширить, включив предконцептуальную фазу, которая есть в стандарте США. Так же стоит добавить фазу модернизации или модификации ВВТ. Необходимо осуществлять промежуточный контроль после окончания каждой фазы.

Литература

- [1] *Новые рекорды России на мировом оружейном рынке*. URL: <https://rostec.ru/news/novye-rekordy-rossii-na-mirovom-oruzheynom-rynke/> (дата обращения 19.03.2021).
- [2] *Экспорт российской военной техники снизился на фоне пандемии*. URL: <https://www.rbc.ru/politics/09/06/2020/5ede0a889a7947f624a59186> (дата обращения 19.03.2021).
- [3] ГОСТ Р 56135–2014. *Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения*. М., Стандартинформ, 2016.
- [4] DOD Directive 5000.1 *Major and Non-Major Defense Acquisition Programs*. Washindton D.C., GPO, 1991.
- [5] *Авианосец «Викрамадитья». Пять лет в составе индийского флота*. URL: <http://www.sevmash.ru/rus/news/2426-2018-11-16-06-19-43.html> (дата обращения 19.03.2021).

Modernization of the Regulatory and Legal Framework of the Life Cycle of the Product

© Pankova A.S.
Kochetkov M.N.
Starozhuk E.A.

pankovaas@student.bmstu.ru

estar@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The relevance of the topic is due to a significant decrease in the volume of exports of weapons and military equipment. In the context of the diversification of enterprises in the de-

fense-industrial complex, it is necessary to improve the life cycle management of high-tech products.

Keywords: *enterprise of the military-industrial complex, life cycle of military equipment*

УДК 330.101

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-033

Методический подход к комплексному учету затратного и военно-технического аспектов при планировании боевой операции и создания высокотехнологичных образцов

© | Подольский Александр Геннадьевич

podolskijag@mail.ru

ФГБУ «46-й Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации, Москва, 129327, Россия

Рассмотрен методический подход к комплексному учету затратного и военно-технического аспектов с использованием единого показателя «стоимость боевой операции», а также к планированию создания высокотехнологичного образца с использованием комплексного критерия «эффект — затраты».

Ключевые слова: *боевая операция, вероятность, жизненный цикл, затраты, образцы, эффект*

Для обеспечения военной безопасности государства на вооружении Вооруженных сил (ВС) Российской Федерации (РФ) находятся высокотехнологичные образцы (комплексы) военного назначения, которые по мере физического и морального старения заменяются современными образцами. Неослабевающая военно-политическая напряженность в мире и совершенствование средств воздействия вероятного противника требуют постоянного развития отечественных образцов военного назначения и расходования значительных бюджетных средств. В этой связи их эффективное использование является одной из важнейших задач, стоящих перед военно-научным и оборонно-промышленным комплексами РФ.

Учитывая сложность и многоаспектность указанной задачи, ее обоснованное решение можно обеспечить только с применением специально разработанных методических подходов и реализующих их моделей, в которых учитываются основные факторы, влияющие на потребные затраты и эффект (результат) от применения образцов.

В существующих публикациях излагаются организационные и методологические аспекты планирования развития продукции военного назначения [1, 2], а вопросам методического обеспечения уделяется недостаточное внимание. Это обусловило актуальность данной работы, направленной на разработку методических подходов, позволяющих комплексно учесть затратный и

военно-технический аспекты при планировании боевой операции и создания высокотехнологичных образцов.

В целях обеспечения рационального расходования финансовых ресурсов, направленных на создание перспективных высокотехнологичных образцов, предлагается рассмотреть два характерных случая, отличающихся протяженностью отрезка времени, на котором осуществляется расходование ресурсов, и числом учитываемых образцов.

В первом случае осуществляется планирование проведения боевой операции с применением образцов, входящих в состав подразделения (совокупности подразделений), на сравнительно небольшом отрезке времени, соответствующем длительности боевой операции.

Во втором случае осуществляется формирование долгосрочного планового документа, в соответствии с которым будут проводиться научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых образцов и их поставки в ВС РФ.

Комплексное рассмотрение экономического и военно-технического аспектов в первом из указанных случаев позволяет, во-первых, оценить расход технических ресурсов (в стоимостном выражении) различного функционального назначения и достигаемый эффект от применения образцов в ходе боевой операции. Во-вторых, может быть осуществлено сопоставление различных способов достижения заданного эффекта, отличающихся составом средств, применяемых в боевой операции и их количеством.

Боевая операция может выполняться, в общем случае, с применением одноразовых и многоразовых технических средств, входящих в состав образцов (комплексов), которые характеризуются определенными значениями стоимостных показателей. В этом случае для определения ожидаемых затрат на проведение операции необходимо учитывать две группы параметров:

1) параметры, характеризующие затратный аспект выполнения боевой операции: средние цены одного средства одноразового и многоразового применения;

2) параметры, характеризующие военно-технический аспект выполнения боевой операции: число средств одноразового и многоразового применения, которые используются для решения задач в боевой операции; число типовых задач, решаемых в боевой операции средствами одноразового и многоразового применения, и др.

Знание указанных параметров позволяет оценить затраты (в стоимостном выражении) технических ресурсов, созданных на стадии жизненного цикла (ЖЦ) «производство», а также сопоставить различные варианты проведения операции, отличающиеся составом и числом используемых средств, а также достигаемым эффектом.

В то же время при разработке долгосрочных планов создания высокотехнологичной продукции и оснащения ею ВС РФ для обеспечения рациональ-

ного расходования бюджетных средств необходимо учитывать затраты на всем ЖЦ образца, а также затраты на утилизацию.

Следует отметить, что имеет место различная трактовка термина «жизненный цикл». Так, в [3] под ЖЦ понимается «промежуток времени от замысла изделия до снятия его с производства и продажи». На указанном отрезке времени выполняются научно-исследовательская и опытно-конструкторская работы, производство, капитальный ремонт, сервисное обслуживание и эксплуатация образцов. Таким образом, на ЖЦ реализуются стадии, связанные с созданием и эксплуатацией образцов, нахождением образцов в исправном состоянии, продлением их технического ресурса и переводом в исправное состояние.

В ряде случаев в состав стадий ЖЦ образца включается утилизация. В связи с этим следует отметить, что понятие «жизненный» исходя из его смыслового содержания подразумевает, во-первых, обеспечение целостности и комплектности образца, т. е. ни одна подсистема, агрегат, узел и элемент, без которых невозможно обеспечить его работоспособность, не должны отсутствовать в его составе. Во-вторых, образец должен рассматриваться как объект готовый к применению по своему функциональному назначению, либо как объект, требующий устранения неисправности в целях обеспечения его дальнейшего функционирования или продления ресурса эксплуатации.

Образец, подвергаемый утилизации, указанным условиям не удовлетворяет. Потому логичным является то, что процесс утилизации не включается в ЖЦ как отдельная стадия, а затраты на проведение указанного процесса предлагается включать в состав «полных затрат», в которые включаются также затраты на реализацию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, производство, капитальный ремонт, сервисное обслуживание и эксплуатацию.

В целях формирования долгосрочного планового документа проводятся военно-экономические исследования, направленные на определение перечня перспективных образцов, а также их стоимостных и временных параметров для всех стадий ЖЦ, а также утилизации.

Для обеспечения эффективного расходования бюджетных средств применяется комплексный критерий «эффект–затраты» и решаются две оптимизационные задачи. Первая задача состоит в определении таких характеристик образца, которые обеспечивают достижение заданного эффекта с минимальными затратами на реализацию ЖЦ образца. В результате решения данной задачи определяется потребный объем финансирования.

Если бюджетные средства, выделяемые на реализацию ЖЦ, образца, ограничены, то решается вторая задача, состоящая в нахождении таких характеристик образца, которые обеспечивают максимизацию эффекта от применения образцов при ограниченном финансировании.

Результаты решения указанных задач анализируются для принятия обоснованного планового решения о целесообразности создания образца и реализации его ЖЦ.

Литература

- [1] Буравлев А.И. и др. *Методы военно-научных исследований систем вооружения. Военно-теоретический труд*. М., Граница, 2017.
- [2] Лавринов Г.А., ред. *Оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации: приоритетные направления, организационно-экономические механизмы и методическое обеспечение инновационного развития*. М., Граница, 2019.
- [3] Лопатников Л.И. *Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки*. М., Дело, 2003.

Methodological Approach to Comprehensive Accounting of Costs and Military-Technical Aspects when Planning a Combat Operation and Creation of High-Technological Samples

© | Podolsky A.G.

podolskijag@mail.ru

Federal State Budgetary Institution «46th Central Research Institute»
of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, 129327, Russia

The article considers a methodological approach to the complex accounting of cost and military-technical aspects using a single indicator — “the cost of a combat operation”, as well as to planning the creation of a high-tech sample using the complex criterion “effect-cost”.

Keywords: combat operation, probability, lifecycle, cost, pattern, effect

УДК 007

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-034

Применение информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции

© | Русакова Анастасия Сергеевна

nastya.rusakova@mail.ru

Кочетков Максим Николаевич

Старожук Евгений Андреевич

estar@bmstu.ru

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

Рассмотрены основные аспекты применения информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции. Раскрыты такие понятия, как «информационные технологии», «жизненный цикл продукции» и перечислены их основные виды, этапы. Подтверждена значимость и важность применения информационных технологий на каждом из перечисленных этапов, а также в целом для общества.

Ключевые слова: информационные технологии, жизненный цикл продукции, стадии жизненного цикла продукции

Введение. На сегодняшний день не существует таких сфер деятельности, в которых бы не применялись информационные технологии. Они позволяют добиться существенной экономии средств и времени, облегчить производственный и трудовой процесс, сократить число наемных рабочих, отдав предпочтение нескольким специалистам в области информационных технологий [1].

Понятие и основные виды информационных технологий. Информационная технология — это процесс, который включает совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных с целью получения информации нового качества о состоянии объекта для ее анализа человеком и принятия дальнейших решений [2]. К основным видам информационных технологий относятся: информационная технология обработки данных, управления, автоматизированного офиса, поддержки принятия решений, экспертных систем [3].

Понятие «жизненный цикл продукции» и его основные этапы и их связь с информационными технологиями. Жизненный цикл продукции представляет собой совокупность процессов, осуществляемых от момента выявления потребностей общества в этой продукции до момента удовлетворения этих потребностей [4]. Информационные технологии являются неотъемлемой частью каждого его этапа.

Выделяют следующие этапы жизненного цикла продукции [5].

1. *Маркетинговые исследования и изучение рынка.* На данном этапе предполагается выявление требований потребителей к продукции [6]. Именно благодаря информационным технологиям на данном этапе осуществляется максимально быстрое изучение потребностей рынка с целью целесообразности определения конкурентноспособного продукта и выдача задания отделу проектирования в виде возможно более точных технических условий на продукцию.

2. *Проектирование и разработка требуемого продукта.* Осуществляется перевод требований технических условий на язык чертежей и инструкций для изготовления продукции [7]. Современные технологии дают возможность на данном этапе дополнить свою разработку, взяв необходимый материал и информацию, включая даже по уже существующим вариантам моделей товаров, тем самым это способствует сокращению расходов по времени и по финансовой части.

3. *Планирование и разработка процессов.* Осуществляется планирование производственной цепочки и формируется кооперация. С помощью информационных технологий осуществляется подбор предприятий, структур, возможностей, которые смогут в дальнейшем реализовать все необходимые процессы и требования для производства продукта качественно, своевременно и с конкурентноспособной ценой.

4. *Закупка сырья, материалов, комплектующих.* Прежде чем начать производство новой продукции, необходимо приобрести исходное сырье и материалы, в следствии этого с помощью современных технологий осуществляет-

ся проведение маркетингового исследования по критерию цена-качество с обязательной своевременной поставкой.

5. *Производство или обслуживание.* Производство и предоставление услуг можно начать после того, когда разработаны технологические процессы и закуплены необходимые материалы и комплектующие. Информационные технологии осуществляют контроль кооперации, обеспечивающий максимальный процесс работы и в результате появление разрабатываемой продукции или услуги.

6. *Проверка.* Этап «проверки» требует, что организация должна осуществлять проверки и контроль качества выполнения технологических процессов и продукции как после завершения производства, так и в промежуточных точках. Весь этот объем работы современные технологии позволяют произвести максимально продуктивно и в кратчайшие сроки, сохраняя полученные результаты.

7. *Упаковка и хранение.* Упаковка и хранение предусматривает, что организация обязана управлять качеством продукции после завершения производственных процессов, в том числе в ходе процессов консервации, упаковки и хранения. Информационные технологии помогают на данном этапе хранить и передавать информацию о полученном товаре, а также найти место для его хранения и в результате разместить его на складах.

8. *Реализация, продажа и распределение продукции.* Реализация и распределение продукции требуют от организации соответствующего управления качеством продукции [8]. При отсутствии конкретного заказчика с помощью современных технологий и рекламы товар выводится и прорывается на свободный рынок с целью стать лучшим и конкурентоспособным, но при этом есть риски для вложенных средств. В случае же наличия конкретного заказчика с помощью информационных технологий осуществляется формирование кооперации для дальнейшей поставки продукции заказчику.

9. *Монтаж и наладка* (если требуется). Монтаж и ввод в эксплуатацию предусматривает, что организация, если это необходимо, должна предоставить помощь потребителям при проведении монтажных работ и при вводе сложной продукции в эксплуатацию или снабдить потребителя инструкциями по проведению таких работ.

10. *Техническая поддержка и обслуживание* (если требуется). Потребитель должен иметь возможность получить от изготовителя необходимую помощь после ввода продукции в эксплуатацию в этом помогают информационные технологии, помогая осуществлять коммуникация с клиентами и с производителями и предоставляя им всю необходимую информацию в доступном формате [9].

11. *Эксплуатация по назначению* (употребление).

12. *Послепродажная деятельность* (если требуется).

13. *Утилизация и переработка* (если требуется). Утилизация является очень важным этапом жизненного цикла продукции. На данном этапе ин-

формационные технологии необходимы для нахождения специалистов и компании, которые это осуществят, а также возможна реализация продажи комплектующих и переработка материалов продукта.

Заключение. В рамках работы было рассмотрено применение информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции. Умение их применять в своей деятельности становится одним из основных компонентов профессиональной подготовки любого специалиста, а также неотъемлемой частью жизненного цикла любой продукции [10]. Они становятся своеобразным катализатором распространения передового управленческого опыта и современных технологий менеджмента, поэтому значение информационных технологий для современного человека весьма велико.

Литература

- [1] *Применение информационных технологий.* URL: <http://zs.j.ru/primenenie-informatsionnyih-tehnologii.html> (дата обращения 14.03.2021).
- [2] *Суть понятия информационные технологии.* URL: <https://www.yaklass.ru/materiali?mode=cht&ctid=456> (дата обращения 14.03.2021).
- [3] Доросинский Л.Г., Зверева О.М. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия.* Ульяновск, Зебра, 2016.
- [4] *Стадии и процессы жизненного цикла продукции.* URL: <https://bezotxodov.ru/jekologija/zhiznennyj-cikl-produkcii> (дата обращения 14.03.2021).
- [5] *Этапы жизненного цикла продукции.* URL: <https://helpiks.org/3-67781.html> (дата обращения 14.03.2021).
- [6] *Информационные технологии в маркетинге.* URL: <https://economy-ru.info/info/76704/> (дата обращения 14.03.2021).
- [7] *Информационные технологии в проектировании.* URL: <https://allrefrs.ru/5-26301.html> (дата обращения 14.03.2021).
- [8] Трофимова В.В. *Информационные системы и технологии в экономике и управлении.* М., Юрайт, 2009.
- [9] Титоренко Г.А. *Информационные системы и технологии управления.* М., ЮНИТИ-ДАНА, 2010.
- [10] *Роль информационных технологий в современном мире.* URL: http://informatika.ru/lectures/informacionnyh_tehnologii_v_sovremennom_mire.html (дата обращения 14.03.2021).

Application of Information Technologies at Various Stages of the Product Life Cycle

© | Rusakova A.S.
Kochetkov M.N.
Starozhuk E.A.

nastya.rusakova@mail.ru

estar@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

This article discusses the main aspects of the use of information technologies at various stages of the product life cycle. The article also reveals such concepts as “information

technologies”, “product life cycle” and lists their main types and stages. In conclusion, the significance and importance of the use of information technologies at each of these stages, as well as for society as a whole, is confirmed.

Keywords: information technologies, product life cycle, product life cycle stages

УДК 623.8

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-035

Проблема устаревания высокотехнологичной продукции в оборонной промышленности

© Сейткурбанова Гозел
Мынжасаров Рахымбай Исатаевич

guzelya.tml@gmail.com
rahimbai@yandex.ru

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

Рассмотрены различные виды деятельности, которые могут быть включены в план управления устареванием, принимая во внимание не только электронику, но и другие аспекты, такие как механические компоненты, программное обеспечение, материалы, навыки, инструменты и испытательное оборудование.

Ключевые слова: устаревание, жизненный цикл, военная промышленность, аэрокосмическая промышленность, электронные компоненты, материалы, механические компоненты, программное обеспечение, производство, процессы, испытательное оборудование

В оборонном секторе жизненный цикл проекта обычно делится на шесть этапов: концепция, оценка, демонстрация, производство, эксплуатация и устранение. Проблемы устаревания могут возникнуть не только на этапе эксплуатации, но и на любом этапе всего жизненного цикла. Часто для систем защиты и авионики 70...80 % электронных компонентов системы устаревают еще до того, как система будет введена в эксплуатацию [1–5]. Фактически проблемы устаревания могут возникнуть даже до завершения фазы разработки [6]. Это говорит о том, что устареванием необходимо управлять с ранних стадий проекта, особенно на стадии проектирования, где следует рассмотреть несколько стратегий по снижению риска устаревания.

Для военных основной целью является получение надежных эксплуатационных возможностей систем при минимально возможных затратах. Однако по мере того, как компоненты стареющих самолетов стареют, их обслуживание становится все более дорогостоящим из-за устаревания деталей или закупок запасных частей, которые могут продлить срок службы.

Необходимо проанализировать последние 50 лет истории вооруженных сил, чтобы понять их нынешнее положение. В 1960-х и 1970-х годов военные могли определять и контролировать проектные спецификации и требования к

системе, поскольку они разрабатывались исключительно для военных [6]. Однако в 1980-е годы промышленность электронных компонентов резко выросла [6], а окончание «холодной войны» оказало давление на сокращение военных расходов. К началу 1990-х годов производители мигрировали с малообъемного военного рынка и сосредоточили свои усилия на более прибыльном коммерческом рынке [5]. Следствием этого является то, что с 1980-х годов устаревание технологий стало серьезной проблемой для военной и аэрокосмической промышленности [5].

Уменьшение производственных источников и нехватки материалов — термин, используемый американской оборонной промышленностью для обозначения устаревания электронных компонентов (и устаревания технологий в целом). Многие авторы [4, 6] согласны с тем, что электронные компоненты устаревают быстрыми темпами из-за быстрого роста электронной промышленности, и потенциальное влияние на готовность и возможность поддержки проявляется более быстро. Проблема устаревания компонентов в основном связана с электронными деталями, но не ограничивается ими. Есть много других областей системы, в которой доминируют системы жизнеобеспечения, которые могут устареть, например: механические компоненты и материалы, процессы и процедуры, программное обеспечение и средства массовой информации, навыки и знания, производство инструментов, испытательное оборудование.

Механические компоненты и материалы. Механические компоненты в стареющих системах ломаются часто и неожиданным образом [3]. Отказ этих компонентов может вызвать устаревание, когда система достигнет фазы старения из-за потенциальной недоступности запасных частей и материалов. По мере того, как поставщики разрабатывают более прочные, легкие и устойчивые к повреждениям материалы, старые материалы становятся устаревшими и постепенно заменяются на новые производства [3]. Новые материалы могут быть лучше во многих отношениях, но не всегда обладают необходимыми механическими или химическими свойствами, чтобы быть непосредственной заменой более старого материала. Отсутствие непосредственной замены может привести к изменению конструкции компонента и, следовательно, повлиять на стоимость полного жизненного цикла системы. Материалы часто устаревают из-за новых экологических норм, таких как директива об ограничении использования опасных веществ. Более того, часто на этапе эксплуатации, материалов требуются только в небольших количествах. Это противоречит высоким минимальным объемам заказа, установленным многими поставщиками, что затрудняет их поиск и вызывает проблемы с устареванием.

Процессы и процедуры. Изменения в экологических нормах и правилах являются наиболее частыми причинами устаревания производственных процессов [3]. В свете этого проблема устаревания материала может сделать производственный процесс устаревшим, а также устаревание производствен-

ного процесса может помешать производству материала (с определенным набором спецификаций), сделав его устаревшим. Поэтому эти две области обычно взаимосвязаны.

Программное обеспечение и средства массовой информации. В большинстве сложных систем, по мнению автора [7], «затраты на жизненный цикл программного обеспечения (перепроектирование, повторное размещение и повторная квалификация) вносят такой же или больший вклад в общую стоимость жизненного цикла, как и оборудование, а оборудование и программное обеспечение должны поддерживаться одновременно». Хотя устаревание программного обеспечения является одним из важных аспектов, который следует учитывать при оценке затрат на весь жизненный цикл системы, до сих пор этой области уделялось мало внимания. Действительно, очень немногие организации в оборонной промышленности правильно управляют устареванием программного обеспечения и оценивают его стоимость [7].

Технология, используемая для хранения данных, программного обеспечения и документов, постоянно меняется. [8] Тот факт, что новые технологии приносят преимущества (например, более высокая емкость хранения, меньшее физическое пространство и более высокая скорость передачи данных) и в целом несовместимы со старыми технологиями, означает, что носители и форматы необходимо периодически обновлять.

Навыки и знания. Навыками и знаниями, имеющимися в организации, необходимо разумно управлять, чтобы не потерять их, если они могут потребоваться для поддержания систем с долгим сроком службы. Это единственный тип устаревания, которому можно полностью препятствовать путем развертывания соответствующих стратегий управления устареванием, таких как ведение базы данных «реестра навыков», выявление потенциальной нехватки навыков и их устранение с помощью схем обучения, аутсорсинга, использования стандартизации (предпочтительная технология) для минимизации количество инструментов программирования, используемых в организации. Если не решить проблему устаревания навыков, это может вызвать проблемы с устареванием в других областях, например в программном обеспечении.

Производство инструментов. Вспомогательные средства, необходимые для изготовления компонентов, рассматриваются как «инструменты» (например, штампы дляковки, зажимные приспособления, модели из листового металла, литейные формы) [3]. Устаревшие инструменты могут нуждаться в ремонте или обновлении. В противном случае это может повлиять на производственный процесс. Точно так же изменение производственного процесса, вызванное изменением материала или формы, может привести к тому, что инструмент станет устаревшим.

Испытательное оборудование. Испытательное оборудование устаревает в конце фазы производства, потому что оно больше не требуется [3]. Однако может потребоваться проверить, соответствует ли замена компонента форме,

соответствию, функциям и интерфейсу, чтобы решить проблему устаревания компонента.

На данный момент немногие авторы [3] глубоко изучили проблему устаревания за пределами области электроники. Однако не следует недооценивать влияние устаревания в каждой из этих областей.

Литература

- [1] Сандборн П. Проектирование для управления устареванием технологий. *Матер. конф. по исследованиям в области промышленного машиностроения*, 19–23 мая 2007 г.
- [2] Соломон Р., Сандборн П., Пехт М. Концепции жизненного цикла электронных компонентов и прогнозирование устаревания. *Компоненты и технологии упаковки, транзакции*, 2000, т. 23, с. 707–717.
- [3] Ховард М.А. Устаревание компонентов — это уже не только для электроники. *Конф. по старению самолетов*, 16–19 сентября 2000 г.
- [4] Сингх П. и др. Планирование обновления конструкции с учетом устаревания электронных компонентов. *Международный журнал гибкого производства*, 2004, вып. 7, № 1, с. 23–32.
- [5] Хитт Э., Шмидт Дж. Влияние устаревания технологий на будущие затраты. *Конф. по системам цифровой авионики*, 17, 31 октября — 7 ноября 1998 г.
- [6] Джозиас К., Терпенни, Дж., Маклин К. Оценка риска устаревания компонентов. *Матер. конф. по исследованиям в области промышленного машиностроения*, 15–19 мая 2004 г.
- [7] Сандборн П. Устаревание программного обеспечения — усложнение проблемы управления устареванием компонентов и технологий. *Транзакции по компонентам и упаковочным технологиям*, 2007, т. 30, № 4, с. 886–888.
- [8] Печт М., Дас Д. Жизненный цикл электронной части. *Сделки по компонентам и упаковочным технологиям*, 2000, с. 190–192.

The Problem of Obsolescence of High-Tech Products in the Defense Industry

© Seytkurbanova G.
Mynzhasarov R.I.

guzelya.tml@gmail.com
rahimbai@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

This article discusses the various activities that can be included in an obsolescence management plan, taking into account not only electronics but also other aspects such as mechanical components, software, materials, skills, tools, and test equipment.

Keywords: *obsolescence, life cycle, military, aerospace, electronic components, materials, mechanical components, software, manufacturing, processes, test equipment*

УДК 330.341.424:004.738.5

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-036

Модификация аппаратурно-программных решений для системы вибромониторинга мощных роторных агрегатов

© | Скворцов Олег Борисович^{1,2}

oleg.b.skvorcov@gmail.com

¹ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, 101000, Россия² НТЦ «Завод балансировочных машин», Москва, 115230, Россия

Рассмотрены особенности выбора новых принципов измерения, аппаратурных и программных решений для систем вибрационного мониторинга, реализующих принципы «машина–машина» (M2M). Программные решения в области промышленного интернета вещей (IIoT) во много являются развитием принципов реализованных в SCADA. Успешность перехода в IIoT к использованию безлюдных технологий обслуживания оборудования предполагает повышение достоверности функционирования. В условиях отсутствия в M2M системе эксперта, принимающего решения, высокая надежность может быть обеспечена только за счет увеличения объема собираемых данных о вибрационных процессах в контролируемом оборудовании. Обеспечить такие возможности без заметного роста затрат на аппаратурное обеспечение не представляется возможным. Рассмотрены инновационные решения увеличения объема собираемой информации для систем вибрационной диагностики и противоаварийной защиты в условиях ограниченного бюджета.

Ключевые слова: *вибрация, энергетическое оборудование, промышленный интернет вещей, противоаварийная защита, цифровизация, интерфейс, экономичность*

Системы вибрационного мониторинга состояния машин и оборудования повсеместно используются для диагностирования и противоаварийной защиты не только в области энергетики, но и практически во всех отраслях промышленности и транспорта. Переход к новым решениям на платформе промышленного интернета вещей (IIoT), наиболее полно ориентированного на сбор, анализ и принятие решений по принципам «машина — машина» (M2M) предполагает возможность работы без необходимого участия человека-оператора. Отсутствие оператора, за которым в настоящее время часто остается право окончательного принятия решения, например, по аварийной остановке критически важного оборудования снижает вероятность ошибок из-за влияния «человеческого фактора». С другой стороны, полностью автоматическая система может принять неверное решение из-за сравнительно небольшого объема данных о происходящих в оборудовании процессах.

Эти противоречия при переходе в работу без активного участия персонал могут быть в значительной степени ослаблены. Во-первых, можно увеличить объем собираемых данных о происходящих процессах, используемых при принятии решений. Это направление наиболее просто реализовать при переходе к реализациям на платформе IIoT, например, за счет использования большего числа датчиков и измерительных каналов. Этот путь обычно со-

проводается пропорциональным ростом стоимости аппаратного обеспечения на нижнем уровне системы мониторинга, в то время как масштабирование на уровне программных решений обеспечивается сравнительно просто. Во-вторых, можно перейти к использованию принципов адаптивной настройки и обеспечения в системе мониторинга, что часто уже заложено и в структуре подобной системы [1].

Третий путь состоит в совершенствовании алгоритмов и методов анализа получаемых данных для получения повышенной достоверности принятия решений. При реализации систем вибрационного мониторинга ответственного роторного оборудования принятие решений выполняется на основе диагностических правил, каждое из которых обычно представляет набор логических операций над сравнительно небольшой группой параметров, характеризующих процесс вибрации. Принятие решений по диагностике обычно не связано с жесткими ограничениями по времени и допускает возможность многократного последовательного повторения измерений. При реализации автоматической противоаварийной защиты время на выполнение измерений и принятие решения обычно крайне ограничено и в этом случае желательно получить максимальный объем собираемых одновременно данных о происходящих процессах. Эти особенности показывают, что при реализации третьего направления возможного повышения достоверности принятия решения также желательно использовать возможности как расширения объема параллельно собираемых данных, так и использовать возможности адаптивного обучения системы мониторинга.

Создаваемые на принципах IoT новые системы мониторинга обеспечивают с расширенными функциональными возможностями, надежность объем собираемой информации, а также достоверность принятия решений. Эти возможности часто можно реализовать без роста затрат на необходимое аппаратное обеспечение за счет, например, широкого использования многокомпонентных датчиков выполненных по MEMs-технологии, существенного сокращения затрат на кабели, соединители и монтажные работы при переходе к одно- и двухпроводным интерфейсам передачи сигналов от первичных измерительных преобразователей и т. д.

Влияние концепции IoT можно оценить на примере сравнительного анализа, представленного в [2]. Автор, являясь представителем компании занимающейся продвижением программного обеспечения, реализующего платформы для построения IoT и явно заинтересованный в продвижении своего продукта признает, что как SCADA, так и IoT содержат однотипные компоненты, имеют сходную архитектуру и решают одни и те же задачи, могут встраиваться в одинаковые системы более высокого уровня, хотя в отдельных случаях более новый бренд IoT может использовать некоторые более новые версии используемых компонентов. В качестве таких компонентов приведены примеры использования в IoT стандартных сетевых интерфейсов или их более новых аналогов, также как и ориентация в них на использование более

новых версий баз данных (NoSQL). Автор в конце работы провидит вывод о приближении конца применения SCADA в связи с тем, что разработчики SCADA-платформ своевременно не вложили достаточно ресурсов в «переупаковку» своих продуктов.

Естественно, что по мере развития техники появляются новые частные решения, имеющие отличие от ранее использованных аналогов. Системы на новых компонентах могут иметь преимущества, обеспечиваемые этими новыми компонентами. Отметим, что стандартные сетевые интерфейсы находят весьма широкое применение в существующих уже десятилетиями SCADA системах (промышленный интернет). Другой интересный вывод представленный в [2] состоит в том, что «большинство компонентов SCADA является компонентами базовой платформы, а сама SCADA в каком-то смысле — просто «маркетинговый фантик», позволяющий инженерам по АСУ ТП увидеть в платформе «свой» продукт».

Эту цитату можно вполне отнести и на счет платформ ИИТ. Новизна тех или иных «новых» концепций» в данной области определяется особенностями и новизной используемых компонентов. Разработка новых, более эффективных компонент позволяет получить реальные преимущества. Создание и включение в состав систем автоматического мониторинга и управления новых, более совершенных компонент и элементов. Такими элементами могут быть датчики с микромощным потреблением по PoE и сетевым цифровым интерфейсом, продвинутое средство анализа данных интеллектуального типа на основе нейронных сетей, встраиваемые DAQ и т. п. Это позволит получить новые, качественные преимущества, независимо от того называется система SCADA или ИИТ.

Промышленный интернет вещей (ИИТ) является простым продолжением развития существующих систем автоматизации и диспетчеризации производственных процессов и его появление можно рассматривать как простой маркетинговый ход [3]. Интернет вещей не был рожден как новая технология, он является продолжением обыкновенной системы автоматизации и диспетчеризации, которая давно уже внедрена на производствах. Конечно, масштаб распространения не был таким широким, но именно поэтому считается, что интернет вещей — маркетинговый ход».

Распространение технологий искусственных нейронных сетей также плавно происходит на протяжении уже нескольких десятилетий и ажиотажный интерес к ним также в значительной степени может служить примером маркетинговой стратегии [4]. Под искусственными нейронными сетями обычно понимают программные решения моделей таких сетей, которые получили распространение в настоящее время. При этом внедрение «настоящих» нейронных сетей, или нейроморфных процессоров для обработки данных является перспективной задачей, над решением которой уже несколько десятилетий продолжается работа [1]. В этом направлении перспективным представляется не просто переход к повсеместному их использованию, а их

применение в комплексе с уже разработанными средствами обработки данных аналитическими методами и цифровым моделированием. Именно такая комбинация позволяет такой нейронной машине как человек успешно решать практически любые задачи, даже в тех случаях, когда аналитические методы более эффективны, чем нейросетевые решения. Часто такая комбинированная структура близка к уже имеющейся структуре систем автоматического контроля и управления [1].

Маркетинговой стратегией является и широкое применение в средствах массовой информации термина «цифровизации». С 1960-х годов продолжается этап автоматизации. На этом этапе облегчающей труд людей с использованием приборов и датчиков, а цифровизация — есть закономерное продолжение этого этапа. При этом все время очень широко применялись и применяются цифровые методы обработки и передачи данных [5]. Полный переход к исключительно цифровым технологиям просто невозможен, поскольку в большинстве случаев контролируемые процессы и явления характеризуются «аналоговым» характером изменений состояний. Так, датчики, даже имеющие выходные цифровые интерфейсы, обычно имеют дело с аналоговым воздействием на первичный измерительный преобразователь. Преимущества перехода к датчикам с цифровым выходным интерфейсом не так очевидны, как это может показаться на первый взгляд. Аналоговые интерфейсы как правило не требуют столь значительных энергетических затрат при передаче потоков данных на значительные расстояния. Термин «цифровизация» достаточно широко используется в разных сферах. Можно предположить, что это маркетинговый ход, но на самом деле, до этапа цифровизации был этап автоматизации, при котором был облегчен труд людей с помощью приборов и датчиков. Цифровизация — это закономерное продолжение развития средств автоматической доставки информации, при которых используются лишь цифровые технологии».

Применение Ethernet-интерфейсов обеспечивает высокую скорость передачи больших массивов данных, что является типичной задачей в IoT-решениях. Однако сбор данных для конкретного узла оборудования целесообразно реализовать с использованием общего IoT-контроллера, реализующего многоканальный синхронный сбор данных с аналоговых датчиков с высокой частотой дискретизации. Для построения таких контроллеров выпускаются экономичные и эффективные современные микросхемы ADuCM302x, TM4C1294.

Построение эффективных многоканальных IoT-контроллеров связано с выбором интерфейсов для подключения датчиков. Такой контроллер имеет общий высокоскоростной выходной Ethernet-интерфейс, а также много входных для первичных измерительных преобразователей. Входные интерфейсы должны обеспечивать передачу вибрационных сигналов на удаление до 10...15 м в полосе частот до десятков килогерц. По этому интерфейсу также передается энергия для питания электроники датчиков. Специализированные интерфейсы для передачи сигналов от датчиков более экономичны, чем ис-

пользуемые в интернет-технологиях, но и их потребление намного превышает собственное потребление согласующих электронных схем встроенных в датчики. Типовые цифровые интерфейсы датчиков, такие как I²C (SMBus) или SPI, плохо приспособлены для высокоскоростной передачи данных на расстояние 5...10 м. Использование их модификаций с дифференциальной передачей сигналов более чем на порядок увеличивает их потребление.

Перечисленные ограничения показывают, что использование аналоговых интерфейсов при сборе сигналов в IoT-решениях может обеспечить снижение требований к узлам формирования вторичного питания контроллеров IoT. При наличии требований к очень высокой надежности передачи данных, например при использовании мультиплексного канала MIL-STD-1553b вопросы питания становятся вторичными, но в экономичных по стоимости системах вопрос выбора интерфейса низкой стоимости является определяющим.

Еще одна тенденция связана со снижением числа проводников необходимых для организации входных интерфейсов. Использование одного проводника в линии связи как для передачи сигнала от датчика к контроллеру IoT, так и для питания от контроллера IoT к датчику позволяет снизить затраты на сами линии связи, их монтаж, количество контактов в соединителях и необходимое место для размещения таких соединителей. Последнее ограничение обычно определяет общие габаритные размеры многоканального контроллера. Все более широкое распространение получают двухпроводные интерфейсы. Интерфейсы «токовая петля» требуют сравнительно высокого напряжения питания, как правило, 24 Вольта. Такое напряжение нетипично для современной микроэлектроники, что существенно усложняет технические решения и увеличивает их стоимость. Относительно большая величина тока в линиях связи требует применения сравнительно больших сечений проводников, особенно если используется какой-либо общий проводник для передачи питания к группе датчиков. Интерфейс I²PE используют очень широко в системах мониторинга, поскольку он более экономичен. Постоянный ток в линиях связи при его использовании задается в пределах от 2 до 10 мА. К недостаткам этого интерфейса следует отнести необходимость использования сравнительно высокого напряжения питания (от 18 до 36 Вольт). Это также затрудняет его использование совместно с современными микроэлектронными элементами, которые ориентированы на напряжение питания менее 5 В. Ограничение по напряжению для интерфейса I²PE связано с тем, что общее напряжение на шине передачи сигналов складывается из напряжения питания встроенной электроники датчика (5 В) и размаха возможного передаваемого сигнала (10 В), а также падения напряжения на генераторе постоянного тока.

Для снятия таких ограничений на напряжение питания был предложен новый вид двухпроводного интерфейса, в котором сигнал от MEMs или другого датчика с низковольтной встроенной электроникой передается по двух-

проводной линии связи в виде изменений тока при постоянном напряжении на линии, близком к напряжению питания встроенной электроники.

Стоимость современных датчиков в многоканальных системах мониторинга часто составляет более половины общей стоимости такой системы. Микросхемы MEMs-датчиков, как правило, имеют низкую стоимость, но выпускаемые на их основе датчики по стоимости сравнимы с другими датчиками аналогичного назначения. Это связано с тем, что микросхема датчика должна быть установлена на специальную печатную плату, которую устанавливают и закрепляют в специальном корпусе, который имеет высокую стоимость. При использовании дешевых MEMs-преобразователей можно в случае размещения всей схемы внутри печатной платы. Многослойная печатная плата при этом выполняет функции корпуса, а также внешнего и внутреннего электрического экранирования. Общая надежность при этом практически не снижается. Прочность материала основания современных печатных плат превосходит прочность используемых кабелей, используемых при построении систем мониторинга.

Заключение. При анализе возможностей построения многоканальных IoT-систем мониторинга состояния промышленного оборудования предложен ряд инновационных решений, которые позволяют существенно упростить и снизить стоимость таких систем. Эти решения касаются выполнения датчиков с использованием MEMs-технологий и соответствующих им интерфейсных решений. Данные решение могут широко применяться при создании средств IoT систем контроля, диагностики и противоаварийной защиты различного механического оборудования.

Литература

- [1] Skvorcov O.B., Pravotorova E.A. Vibration Monitoring Systems for Power Equipment as an Analogue of an Artificial Neural Network. *Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics. Springer*, 2020, pp. 145–153.
- [2] Поляков В. Выживут ли SCADA, или о влиянии Industrial IoT на рынок промышленной автоматизации. *Приложение к журналу Control Engineering Россия IoT*, 2016, с. 35–38.
- [3] Кочиева Д., Вербицкий Р., Стечкин И. Схема организации Промышленного Интернета вещей (IoT). *Connect*, 2017, № 3, с. 82–84.
- [4] Басина Н. *Искусственный интеллект — революция или новый маркетинговый ход?* URL: <https://www.crn.ru/numbers/spec-numbers/detail.php?ID=123946> (дата обращения 06.03.2021).
- [5] Васильев М.П. и др. Анализ процесса цифровизации технологических сетей на примере технологических решений компании CISCO. *Наука в современном информационном обществе: Матер. XXI междунар. науч.-практ. конф.* North Charleston, LuluPress, Inc., 2019, с. 131–134.

Modification of Hardware and Software Solutions for the Vibration Monitoring System of Powerful Rotary Units

© | Skvortsov O.B.^{1,2}

oleg.b.skvorcov@gmail.com

¹ Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 101000, Russia

² Scientific and Technical Center «Zavod Balansirovochnykh mashin», Moscow, 115230, Russia

The features of the choice of new measurement principles, hardware and software solutions for vibration monitoring systems that implement the “machine-machine” principles are considered. Software solutions in the field of IIoT are in many ways the development of the principles implemented in SCADA. The success of the transition in IIoT to the use of unmanned equipment maintenance technologies implies an increase in the reliability of operation. In the absence of a decision-making expert in the M2M system, high reliability can be ensured only by increasing the amount of collected data on vibration processes in the controlled equipment. It is not possible to provide such opportunities without a noticeable increase in hardware costs. The paper considers innovative solutions for increasing the amount of information collected for vibration diagnostics and emergency protection systems in a limited budget.

Keywords: vibration, power equipment, Industrial Internet of Things, emergency protection, digitalization, interface, efficiency

УДК 338.45

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-037

Основы разработки модели внедрения цифровых двойников и цифровых теней в систему управления жизненным циклом промышленной продукции

© | Старожук Евгений Андреевич
Яковлева Мария Владимировна

estarc@bmstu.ru
mvyakovleva@bmstu.ru

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

Обоснована необходимость в разработке модели внедрения «умных» цифровых двойников и «умных» цифровых теней в систему управления жизненным циклом промышленной продукции на базе модельно-ориентированного системного инжиниринга. Предложен способ повышения адекватности цифрового двойника за счет его обучаемости при внедрении «умной» цифровой тени и сбора больших данных в системе промышленного интернета вещей.

Ключевые слова: «виртуальные» испытания, «умный» цифровой двойник, «умная» цифровая тень, модельно-ориентированный системный инжиниринг, промышленная продукция, жизненный цикл

В эпоху цифровизации одной из важнейших задач промышленных предприятий становится обеспечение эффективной деятельности при внедрении современных информационных инструментов «Индустрии 4.0». Остановимся более подробно на разработке автоматизированной системы управления жизненным циклом промышленной продукции, ключевым элементом которой является цифровой двойник [1–4]. Предпосылкой разработки модели внедрения испытаний цифровых двойников в систему управления жизненным циклом промышленной продукции становится необходимость обязательной проверки соответствия продукции требованиям технического задания, нормативно-технической базы в форме различных видов испытаний для ее последующего выпуска на рынок.

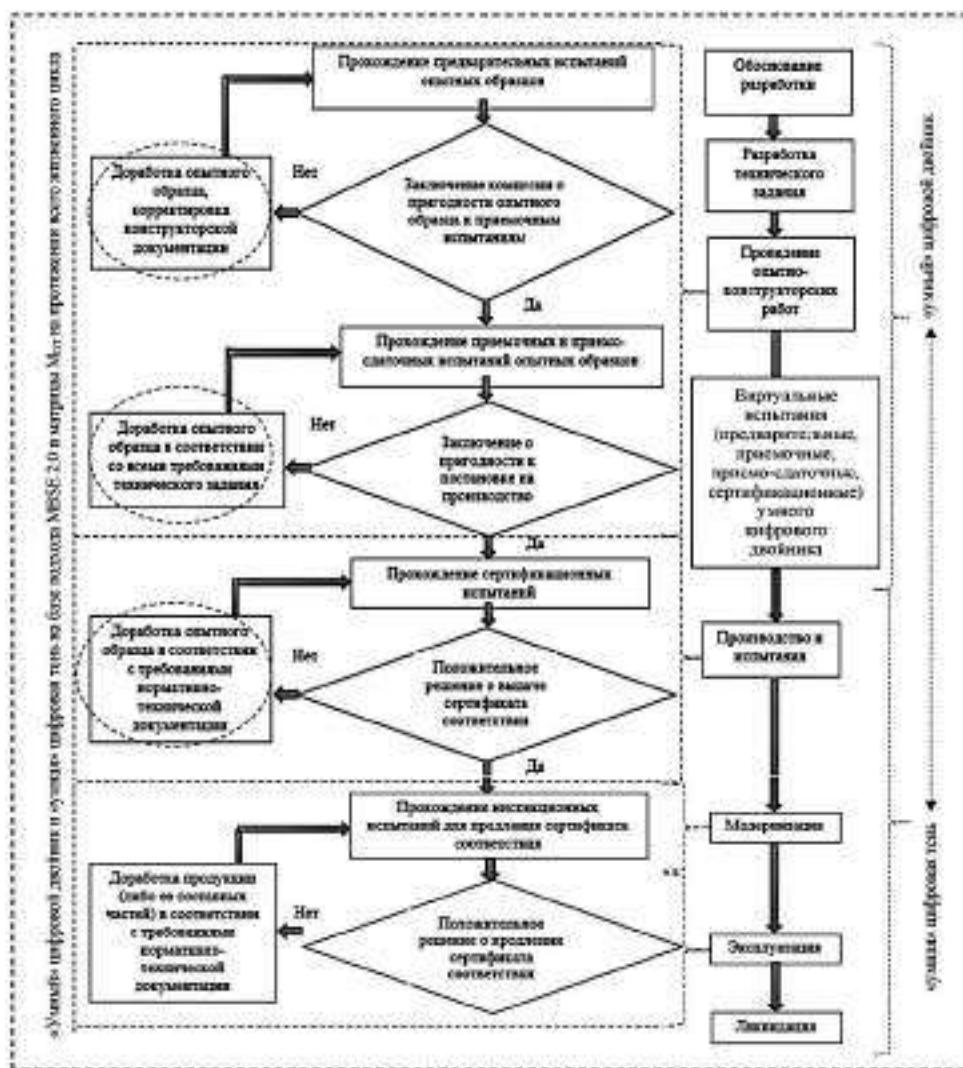
В процессе подтверждения соответствия продукции проводятся натурные испытания, на основе результатов которых принимается решение о передаче в производство, о выдаче сертификата соответствия, о выпуске продукции в эксплуатацию и т. п. В случае неуспешного прохождения предварительных, приемочных, приемо-сдаточных, сертификационных и других обязательных испытаний возникают дополнительные затраты на доработку опытных образцов промышленной продукции. В целях сокращения временных затрат на прохождение всех видов испытаний и доработку продукции предлагается проводить испытания в цифровой форме на ранних стадиях проектирования продукции, когда проект находится только в цифровом виде. Такой вид испытаний мы условно назовем «виртуальные» испытания.

Внедрение испытаний цифровых двойников в систему управления жизненным циклом промышленной продукции предлагается осуществлять на базе модельно-ориентированного системного инжиниринга 2.0 (Model Based System Engineering 2.0, MBSE 2.0).

В целях проведения предварительного анализа поставленной задачи по реализации «виртуальных» испытаний продукции необходимо сформировать многоуровневую матрицу требований (целевых показателей) и ресурсных ограничений для конкретного вида промышленной продукции [5]. На рисунке покажем разработанную авторами схему с указанием места «виртуальных» испытаний в системе управления жизненным циклом продукции производственно-технического назначения (стадии жизненного цикла выделены в соответствии с ГОСТ Р 53791–2010 [6]), подлежащей обязательной сертификации.

Предлагается рассматривать «виртуальные» испытания цифрового двойника как дополнительный этап в последовательности проектирования, т. е. как составляющую системы управления жизненным циклом промышленной продукции. В этом случае виртуальные испытания смогут воспроизводить результаты сертификационных испытаний опытных образцов продукции методами математического моделирования [7], которые можно будет использовать для последующей доработки продукции в процессе проектирования в плане подготовки к сертификационным испытаниям, которые будут проводиться на образцах готовой продукции в испытательных лабораториях. Более

того, доработки продукции на разных этапах испытаний станет возможно проводить в цифровой форме.



Место «виртуальных» испытаний в системе управления жизненным циклом промышленной продукции

Целесообразно для реализации «виртуальных» испытаний сформировать «умный» цифровой двойник (Smart Digital Twin, SDT), который обладает «генетической памятью», т. е. «знает» и «помнит», как его «изготавливали» и в какой последовательности «собирали», что возможно осуществить за счет комплексного применения цифрового двойника промышленной продукции

(DT-1) и цифрового двойника технологических процессов (DT-2) [5]. SDT дает четкое представление о расположении критических зон в конструкции промышленной продукции, в которых имеет смысл размещать те или иные датчики (акселерометры, тензометры, датчики температуры, давления и т. д.), т. е. отвечают на вопросы место и конкретного параметра измерений и позволяют сформировать «умные» большие данные (Smart Big Data, SBD) и «умную» цифровую тень (Smart Digital Shadow, SDS) в системе промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что информация SBD, полученная на этапе эксплуатации, благодаря внедрению SDS, а затем учтенная в SDT повысит уровень адекватности цифрового двойника за счет его постоянного обучения. Кроме того, внедрение «умных» цифровых двойников и цифровых теней в совокупности позволят управлять изменениями на всех стадиях системы управления жизненным циклом промышленной продукции.

Литература

- [1] Сазонов А.А., Васильева И.А., Михайлова Л.В. Исследование механизмов управления отечественными промышленными предприятиями в условиях новой технологической концепции. *Вестник МГОУ. Сер. Экономика*, 2020, № 1, с. 74–81.
- [2] Курганова Н.В. и др. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства. *International Journal of Open Information Technologies*, 2019, № 5, с. 105–115.
- [3] Тихонов А.И., Сазонов А.А. Перспективы использования методов математического моделирования и цифрового проектирования в обеспечении управления жизненным циклом изделий. *Менеджмент и бизнес-администрирование*, 2018, № 3, с. 118–128.
- [4] Юрин А.А., Емельяненко А.С. Применение нечеткого когнитивного моделирования в рамках парадигмы «цифровой двойник». *Скиф. Вопросы студенческой науки*, 2019, № 12-2, с. 254–271.
- [5] Боровков А.И., Рябов Ю. А., Кукушин К.В. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК. *Вестник Восточно-Сибирской открытой академии*, 2019, № 32, с. 2–41.
- [6] ГОСТ Р 53791–2010. *Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения*. М., Стандартинформ, 2011.
- [7] Старожук Е.А., Яковлева М.В. Проблемы внедрения виртуальных испытаний радиоэлектронной промышленной продукции на этапе проектирования. *Экономика и предпринимательство*, 2019, № 9, с. 1172–1177.

Basis for Developing a Model for Introducing Digital Twins and Digital Shadows in The Life-Cycle Management System of Industrial Products

© | Starozhuk E.A.
Yakovleva M.V.

estar@bmstu.ru
mvyakovleva@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

This article substantiates the need to develop a model for the introduction of “smart” digital twins and “smart” digital shadows in the life cycle management system of industrial products based on model-oriented system engineering. A method is proposed to increase the adequacy of the digital double due to its learnability when implementing a “smart” digital shadow and collecting big data in the industrial internet of things system.

Keywords: “virtual” tests, “smart” digital double, “smart” digital shadow, model-oriented system engineering, industrial products, life cycle

УДК 005.5

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-038

Разработка модели управления формированием творческих коллективов при организации выполнения высокотехнологичных работ

© | Трофименко Артем Борисович

trofimenko-97@mail.ru

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

Рассмотрены особенности процесса управления формированием проектных групп. Цель исследования — разработка модели управления формированием временных творческих коллективов при выполнении работ специального назначения. Теоретическое исследование проводилось аналитическим методом — изучение отдельных вопросов, особенностей процесса формирования творческих коллективов. Практическая ценность статьи заключается в том, что разработанную модель можно использовать на предприятии оборонно-промышленного комплекса при переходе от выполнения государственных заказов к выполнению заказов открытого рынка, производству продукции гражданского назначения.

Ключевые слова: диверсификация, предприятие оборонно-промышленного комплекса, творческие коллективы

Диверсификация производства оборонно-промышленного комплекса (ОПК) для многих военных предприятий России стала единственной возможностью для выживания в условиях неминуемого сокращения объемов гособоронзаказа, однако внедряемые государством меры не всегда мотивируют предприя-

тия на конверсию, в том числе из-за отсутствия у менеджмента «продуктового» мышления и навыков по выводу изделий на рынок. В данной работе описан процесс разработки модели управления формированием творческих коллективов, которая позволит предприятиям ОПК совершить постепенный переход от выполнения государственных заказов военного назначения к производству продукции гражданского назначения.

В качестве инструмента, позволяющего перейти от работы с госзаказом к выполнению заказов открытого рынка, следует использовать творческие коллективы (проектные группы), которые будут включать в себя все необходимые компетенции и экспертизу, требуемые для выполнения конкретного заказа. Подобный подход позволит повысить гибкость организации, более рационально распределить задачи между высококвалифицированными специалистами и сделать переход от статичной работы с гособоронзаказом к более динамичной рыночной среде наиболее безболезненным для организации.

Для формирования требуемых проектных групп предлагается использовать модель управления формированием творческих коллективов, разработанную автором (см. рисунок).

Разработанная модель отражает систему управления формированием творческих коллективов при переходе от госзаказов к работе на открытом рынке. Изначально у компании имеется основной заказ от государства. При выполнении подобных работ сотрудники разбиты на подразделения. Сотрудники работают внутри этих подразделений, из-за этого динамичность такой структуры равна 0. Коллектив статичен. При возникновении дополнительного заказа необходимо определить, какие сотрудники возьмутся за его выполнение, т. е. сформировать творческий коллектив (проектную группу). Данный процесс должен производиться в несколько этапов.

1. *Назначение руководителя проекта.* Заместитель директора по развитию назначает руководителя проекта, наиболее подходящего под специфику задания на основе анализа работы руководящих сотрудников.

2. *Подбор и оценка сотрудников.* Все сотрудники, имеющие возможность начать выполнение данного задания проходят оценку по трем параметрам: 1) уровень мотивации; 2) уровень профессионализма; 3) уровень взаимоотношений с руководителем.

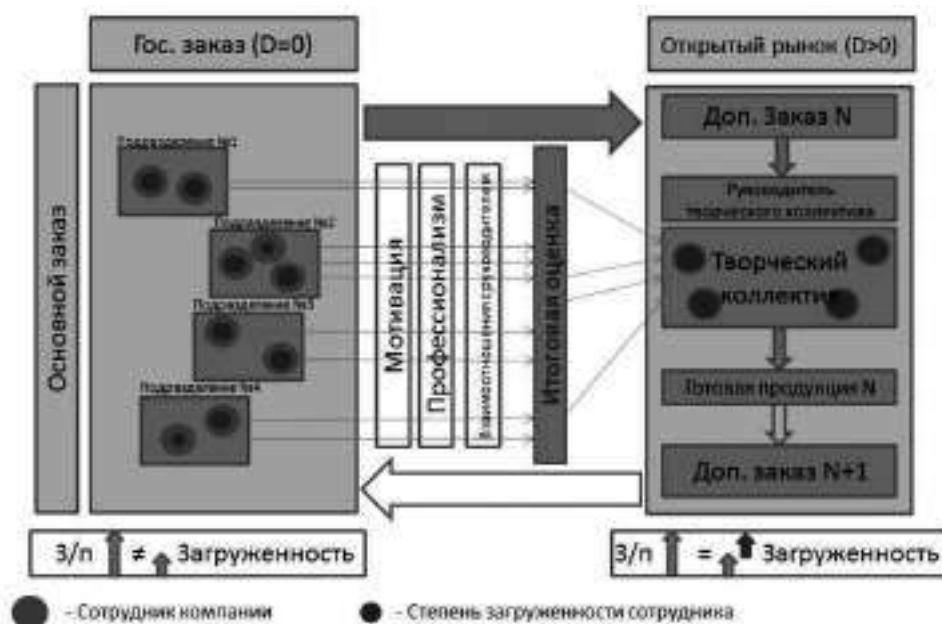
3. *Отбор сотрудников.* По результатам итоговой оценки из наиболее подходящих кандидатов формируется творческий коллектив, который начнет выполнение проекта.

4. *Выполнение проекта и реформирование проектной группы.* После выполнения заказа руководитель будет готов начать выполнение нового проекта и возглавить новый творческий коллектив. Следовательно, процесс начинается снова со второго этапа.

Для оценки мотивации действующих сотрудников используются разные методы опросов, но подход к их проведению кардинально отличается. В основном оценивается так называемая обобщенная мотивация. Тем не менее,

способ анализа полученных данных позволяет добиться очень хорошего результата [1].

Психологический анализ мотивации действующих сотрудников представляет собой группу методик исследования трудовых мотивов персонала. Данные методики исследуют отношение работников к отдельным аспектам труда. Тем самым, исследователь понимает факторы мотивации отдельного сотрудника или группы. Сюда входят методики определения структуры мотивации работников. Инструментально эти методики представлены психологическими интервью, разнообразными проективными методиками и опросами [2].



Модель управления формированием временных творческих коллективов

Для оценки уровня профессионализма используется трехступенчатая система оценок. Нижний уровень обозначен «потенциальный». Средний уровень, характеризующий определенную нормативную степень профессионализации, обозначен как «номинальный». Высший уровень профессионализации будет обозначен как «перспективный». Дополнительный, качественно более высокий уровень, связанный с выходом за рамки деятельности профессионала, будет обозначен как уровень мастерства.

В рамках каждого этапа для количественной оценки необходимо выделить три степени профессионализации. В результате получаем девятибалльную шкалу оценки уровня сформированности профессионализма [3]. Для получения шкалы оценки профессионализма необходимо совместить этапы

формирования профессиональной компетентности [4] (по уровню их осознания субъектом) с уровнями и подуровнями профессионализма (см. таблицу).

Сопоставление уровней профессионализма и сформированности профессиональной компетентности

Уровни и подуровни профессионализма		Уровни сформированности профессиональной компетентности
Высший «Перспективный»	9	Сознаваемая компетентность («Я знаю, что я знаю»)
	8	Сознаваемая некомпетентность («Я знаю, что я не знаю»)
	7	Неосознаваемая некомпетентность («Я не знаю, что я не знаю»)
Средний «Номинальный»	6	Сознаваемая компетентность («Я знаю, что я знаю»)
	5	Сознаваемая некомпетентность («Я знаю, что я не знаю»)
	4	Неосознаваемая некомпетентность («Я не знаю, что я не знаю»)
Начальный «Потенциальный»	3	Сознаваемая компетентность («Я знаю, что я знаю»)
	2	Сознаваемая некомпетентность («Я знаю, что я не знаю»)
	1	Неосознаваемая некомпетентность («Я не знаю, что я не знаю»)

Разработанная модель управления формированием временных творческих коллективов позволяет организациям ОПК постепенно и безболезненно уменьшить объем выполняемых госзаказов, заменив их проектами по изготовлению гражданской продукции для выполнения заказов открытого рынка. Модель позволит увеличить процент использования уникальных знаний высококвалифицированных специалистов, задействованных в выполнении проектов открытого рынка. Также разработанная модель позволит привести уровень загруженности высококвалифицированных специалистов в соответствие с заработной платой.

Ключевыми прогнозируемыми результатами от внедрения разработанной модели управления формированием творческих коллективов являются увеличение доли доходов от реализации проектов открытого рынка в структуре доходов от реализации проектов организации и изменение структуры рабочего времени высококвалифицированных специалистов в сторону уменьшения доли времени, потраченного на выполнение работ, не требующих высокой квалификации.

Литература

- [1] <https://searchinform.ru/> (дата обращения 20.03.2021).
- [2] Озерникова Т.Г. Методика диагностики трудовой мотивации персонала организации. *Мотивация и оплата труда*, 2007, № 4, с. 276–286.
- [3] Дружилов С.А. *Психология профессионализма. Инженерно-психологический подход*. Харьков, Гуманитарный центр, 2011.
- [4] Дружилов С.А. Обучение и стадии профессиональной компетентности. Непрерывное образование как условие развития творческой личности: *Сб. по матер. фестиваля педагогического творчества*. Новокузнецк, Изд-во ИПК, 2001, с. 31–33.

Development of a Model for Managing the Formation of Creative Teams in Organizing the Performance of High-Tech Works

© | Trofimenko A.B.

trofimenko-97@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

This article is devoted to the consideration of the features of the process of managing the formation of project teams. The purpose of the study is to develop a model for managing the formation of temporary creative teams when performing special-purpose work. The theoretical research was carried out using the analytical method — the study of individual issues, features of the process of forming creative teams. The practical value of the article lies in the fact that the developed model can be used at the defense industry enterprise during the transition from the fulfillment of state orders to the fulfillment of orders of the open market, the production of civilian goods.

Keywords: *diversification, enterprises of the military-industrial complex, creative teams*

УДК 65.012.122

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-039

Современные цифровые технологии и цифровой двойник

© | Шишкин Андрей Владимирович

17andrew07@gmail.com

АО «РСК «МиГ», Москва, 125171, Россия

Проблема использования информационных технологий на этапах жизненного цикла изделия играет одну из ключевых ролей в нынешнем курсе России на цифровизацию промышленности. Современные цифровые концепции, такие как цифровой двойник, использующий технологию виртуальной и дополненной реальности, позволяют оптимизировать процессы производства изделия с целью повышения его качества и

надежности. Рассмотрены и охарактеризованы разные комбинации взаимодействия цифрового двойника с другими технологиями.

Ключевые слова: цифровизация, двойник, реальность, синергия

Введение. В мире и в Российской Федерации активно набирает обороты направление «цифровизация промышленных комплексов» с использованием таких технологий, как «большие данные», «цифровой двойник» и синергия с виртуальной и дополненной реальностью. Цифровизация проводится под флагом «Четвертой промышленной революции» [1].

Что принято понимать под этими понятиями? Цифровой двойник — виртуальный аналог физического объекта или процесса, позволяет охарактеризовать поведение в моделируемых условиях (2002 г., Майкл Гривз).

Виртуальная реальность — технически созданный мир, воспринимаемый через основные чувства человека — зрение, слух, осязание. (1960 г., Майрон Крюгер). Дополненная реальность (смешанная реальность) — результат введения в поле, окружающее человека, любых данных с целью дополнения сведений об окружающей среде и повышения ее информативности. (1990 г., Том Кедолл).

Целью работы является проанализировать различные комбинации цифрового двойника с современными виртуальными технологиями.

Сегодня основные промышленные информационные технологии базируются на концепции единого информационного пространства (объединения информационных ресурсов) промышленного предприятия. Эта концепция получила за рубежом название CALS-технологии (англ. *Continuous Acquisition and Lifecycle Support* — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции). Суть концепции проста. На всех возможных стадиях жизненного цикла продукции трудоемкие, дорогостоящие и длительные технологические этапы, такие как макетирование, моделирование, экспериментальная оценка характеристик, подгонка параметров в процессе изготовления и испытаний опытных образцов заменяются эффективными процедурами синтеза информационных моделей, как самой будущей продукции, так и процессов ее предстоящего производства [2]. При этом предполагается проведение всех видов расчетов и анализ поведения будущей продукции на основе ее точных математических моделей. Что подразумевает под собой внедрение цифрового двойника изделия в полном объеме? Фактически цифровой двойник по своей популярности и гибкости в скором будущем заменит собой CALS-технологии.

Жизненный цикл изделия (ЖЦИ) определяет в Российской Федерации ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники», а в Европе ISO 9004-2019 «Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации». Разница заключается в том, что модель ISO глубже отражает этапы ЖЦИ по сравнению с ГОСТ, представляет расширенную структуру, дающую возможность более основательно проработать состояние изделия в течение жизненного цикла [2].

Обе модели имеют общий недостаток, проявляющийся в отношении любого изделия, как для опытного производства, так и для серийного, подготовка выполняется дважды. Так же происходит изменение в конструкции, которое диктуется отличиями серийного от опытного. Технология больших данных в синергии с «цифровым двойником» позволяет избавиться от этого недостатка. основополагающей идеей «двойника» является работа с изделием в цифровом пространстве, что позволяет сохранять изменения конструкции изделия, оставляя при этом задел и нарабатывая историю поведения конструкции в условиях подготовки как к опытному, так и к серийному производству, но не менее важную роль играет технология больших данных», посредством которой происходит сохранение и обработка информации [3].

В Российской Федерации с недавнего времени появились стандарты ПНСТ «Умное производство», которые в контексте цифровизации имеют целью оцифровку процессов физического производства, что по факту является чрезвычайно многофакторной и трудоемкой задачей. Видимо поэтому в стандарте рамки концепции цифрового производства очерчены лишь примерно.

В этом же направлении в Европе движется разработка стандарта ISO 23247-1 «Системы автоматизации и интеграция — структура цифрового двойника». Он позволит использовать технологию цифрового двойника максимально эффективно, не затрагивая физическую основу производства [4], т. е. получится синергия цифрового и физического — по факту это будет первый стандарт в рамках концепции дополненной реальности.

Исследуем опыт различных комбинаций цифрового двойника с современными новшествами, чтобы охарактеризовать как эффективность, так и удобность использования на протяжении жизненного цикла.

Цифровой двойник и технология больших данных находятся уже достаточно долго на слуху, по статистике запросов в поисковых системах в 2019–2020 гг., цифровой двойник затмил собой CALS-технологии. Отдельные элементы этих концепций применяются в передовых отраслях, таких как нефтепереработка, машиностроение и т. д. Если смотреть на факты, то сейчас эти направления являются одними из основных драйверов науки. Детекторы, сенсоры научных приборов, компьютерные модели и разнообразные действия массы устройств генерируют огромные объемы данных, которые используются или могут быть использованы в научных исследованиях. Качественное использование этих массивов необходимо для повышения «отдачи» научного оборудования, современных исследований, основанных на данных, практически во всех областях знания. В этом контексте у больших данных есть три основных функции:

- 1) обрабатывать большие данные по сравнению со «стандартными» сценариями обработки данных;

- 2) уметь работать с поступающими быстро данными в очень больших объемах, т. е. данных не просто много, а их постоянно становится все больше и больше;

3) уметь работать со структурированными и слабо структурированными данными параллельно, и в разных аспектах.

Эти функции были полностью реализованы на практике в компании «Роснефть», в результате уникальности этого решения в 2019 г. в компании были получены следующие результаты (эффект этих решений составил 36 млрд руб.): отраслевой рекорд по скорости строительства горизонтальной скважины — 7 суток; 15-ствольная скважина — крупнейшая протяженность проходки по коллектору в России (более 10,3 тыс. м), которая позволила обеспечить добычу более 400 т/сут нефти [6].

Для работы с большими данными были использованы несколько основных принципов. *Горизонтальная масштабируемость* — обработка данных при постоянном поступлении с помощью вычислительных мощностей, архитектура как у процессора, несколько ядер и каждый обрабатывает задачу (многозадачность). *Отказоустойчивость* — функция предотвращения отказа на вычисление в потоке получения данных. *Локальность данных* — хранение и обработка данных на одной машине, что несет за собой как риски, так и оперативность обработки данных [5].

Виртуальное прототипирование как результат синергии цифрового двойника и виртуальной реальности. «Современные проблемы требуют современных решений», современные технологии строятся на новых принципах, и это в результате дает хороший эффект и финансовую выгоду. Фактический пример: разработка американского истребителя пятого поколения F35 Lighting II проводилась с помощью центра виртуального прототипирования под названием (SAIL)-Ship/Air Integration Lab, где изделие было полностью реализовано в цифре, включая виртуальное представление этого изделия. Затраты составили примерно 6,7 млн долл. США, а отдача 75–100 млн долл. США [5]. Виртуализация разработки изделия позволила оптимизировать разработку изделия, включая анализ и исправление возможных ошибок на стадии разработки. Если бы выявленные на стадии разработки ошибки не были замечены и не исправлены в первый год, стоимость корректировки возрастет на втором году выполнения проекта в 2–5 раз, а через 5 лет — в 10 раз. Виртуальное прототипирование позволило правильно скомпоновать программу разработки F35 Lighting II на ранних стадиях, избежав большого числа корректировок и исправлений на поздних этапах жизненного цикла. Виртуальное прототипирование — это как следующая ветка развития цифрового двойника и технологии виртуальной реальности [5]. Их объединяет моделирование в режиме реального времени, имитация окружающей обстановки с высокой степенью реализма, а также возможность иметь обратную связь. Технология виртуализации развивается с очень большой скоростью, с очевидностью скоро достигнет стадии технологической зрелости и виртуальная реальность станет повседневным делом. Виртуализация цифрового двойника на всех трех основных стадиях ЖЦИ — при проектировании, планировании производства и эксплуатации находит все большее применение.

Следующий этап в понимании, применении и развитии концепции цифрового двойника — дополненная реальность. Дополненная реальность — это система, которая совмещает реальное и виртуальное, взаимодействует в реальном времени и работает в трех измерениях. Дополненная реальность также может быть представлена, как результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных в целях дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации [7]. Так, в вышеуказанном проекте, а именно в разработке истребителя F35 Lighting II, на этапе сборки изделия успешно использовали эту технологию. В частности, во время монтажа деталей шасси, техник на стеклах специальных очков видел голографическое изображение данных о том, где и в каком порядке нужно проводить операции по сборке и присоединению кабелей (визуальная инструкция) [5]. При этом голографическое изображение на очках совмещалось с реальными видимыми глазу деталями изделия. Данные отчетов свидетельствуют, что в результате программное обеспечение позволило инженерно-техническому персоналу работать быстрее не менее чем на 30 % и с точностью до 96 %.

Заключение. Современная промышленность в очередной раз претерпевает ряд изменений в плане виртуализации процессов ЖЦИ. Есть несколько различных концепций, например, «цифровой завод», но использовать эту технологию целесообразно там, где работа происходит по постоянным протоколам, и человек выполняет роль контролера или оператора, в частности, в добывающей промышленности или на автоматизированном производстве.

В оборонно-промышленном комплексе следует использовать другие концепции и опыт, позволяющие комплексно внедрять цифровые технологии на основные этапы жизненного цикла — проектирование, испытания, эксплуатация и, конечно же, прогнозирование. Лидирующая перспективная концепция для достижения максимальной эффективности — это слияние физического и виртуального в комплекс цифрового двойника нового поколения. Первый этап на этом пути — разработка методологического обеспечения этого направления с индивидуальным подходом к отрасли, потому что именно на уровне конкретных научно-производственных кластеров будут наиболее полно реализованы прорывные возможности «цифрового двойника в дополненной реальности», в десятки раз повышающие надежность техники, быстрота реагирования и, как результат, системную конкурентоспособность и обороноспособность.

Литература

- [1] <https://pro.rbc.ru/demo/5d94a3c79a794724afdbf744> (дата обращения 20.03.2021).
- [2] Доросинский Л.Г., Зверева О.М. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия*. Ульяновск: Зебра, 2016.
- [3] <https://sapr.ru/article/26079> (дата обращения 20.03.2021).
- [4] Боровков А., ред. *Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт*. М., АльянсПринт, 2020.

- [5] <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye> (дата обращения 20.03.2021).
- [6] <https://www.rosneft.ru/docs/report/2019/ru/strategy/digital-transformation-technology.html> (дата обращения 20.03.2021).
- [7] http://a0601.narod.ru/ITPP_Artkl_AR_01_17.pdf (дата обращения 20.03.2021).

Advanced Digital Technology and Digital Twin

© | Shishkin A.V.

17andrew07@gmail.com

JSC "RSK" MiG", Moscow, 125171, Russia

The problem of using information technologies at the stages of the product life cycle plays a key role in the current course of Russia on the digitalization of industry. Modern digital concepts, such as the digital twin, which uses virtual and augmented reality technology, allow you to optimize the production processes of the product in order to improve its quality and reliability. The article will consider and characterize different combinations of interaction of the digital double with other technologies.

Keywords: digitalization, double, reality, synergy

УДК 623.17

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-040

Создание и поддержание жизненного цикла гибких инфраструктурных систем в арктическом регионе, сформированных на основе плавучих и наплавных железобетонных объектов

© | Шумский Виталий Владимирович

mail@monolit-kb.ru

АО «ЦКБ «Монолит», Городец, 606505, Россия

Плавучие и наплавные объекты — эффективный способ решения задач освоения Арктической зоны. Они могут быть определены как гибкая макроинфраструктурная система. Различают этапы развертывания, продолжительного функционирования и свертывания. Составляющие структуру модули подвергаются неоднократной модернизации. Самым эффективным путем является быстрая замена работающего модуля более прогрессивным. ЦКБ «Монолит» ведет разработку универсальных типовых модулей. Рассмотренные инфраструктурные системы характеризуются большими возможностями для регулировки и модернизации в течение всего их жизненного цикла.

Ключевые слова: жизненный цикл, плавучие и наплавные объекты, система

Наиболее приемлемым и эффективным способом решения сложнейших задач освоения и организации любой деятельности в Арктической зоне является использование готовых плавучих и наплавных объектов.

Вся совокупность применяемых плавучих объектов может быть охарактеризована как макроинфраструктурная система с четко определенными этапами функционирования. Такая система будет обладать гибкостью именно вследствие того, что ее отдельные элементы могут быстро заменены модернизированными модулями или модулями с иными функциями.

Эффективность системы определяется уже на этапе ее формирования, поскольку плавучие объекты доставляются к месту их назначения в 100 % готовности. Постройка таких объектов на специализированных судостроительных предприятиях, которые обладают налаженными транспортными связями для поставок материалов и оборудования и постоянным квалифицированным производственным персоналом, намного дешевле и быстрее капитального строительства в Арктической зоне. Предложенные объекты буксировкой легко доставляются к месту будущей эксплуатации, и служат составными элементами, из которых складывается структура объекта и вспомогательных средств его обслуживания.

Можно выделить следующие этапы функционирования.

Этап развертывания. Организация любого производственного, транспортного, военного строительства в Арктической зоне начинается, в буквальном смысле, «на пустом месте». На этапе развертывания используется комплект плавучих объектов, призванных обеспечить стартовые условия: системы плавучих причалов; плавучие общежития для строительных рабочих и инженерного персонала; плавучие электростанции с мощностью, достаточной для проведения строительных работ; плавучие платформы, обеспечивающие складские и ремонтные услуги. Эти объекты на этапе развертывания должны обеспечить создание минимальной береговой инфраструктуры и подготовку акватории.

Этапы продолжительного функционирования. Упомянуты именно «этапы», во множественном числе, поскольку срок службы железобетонных плавучих и наплавных объектов составляет от 50 и более лет, и за это время составляющие структуру модули подвергаются неоднократной модернизации. При этом самым эффективным путем является быстрая замена работающего модуля более прогрессивным, построенным на «большой земле» и прибывшим, чтобы за считанные сутки заменить старый.

Электростанции заменяются более мощными или более экологичными модулями, производственные сооружения расширяются и усовершенствуют применяемую технологию.

Набор плавучих модулей, используемых на данном этапе, весьма широк и зависит от специализации структуры. Необходимо отметить, что помимо плавучих, применяются и наплавные сооружения, устанавливаемые на морское дно. Так формируются стационарные причалы и волноломы из массивов-гигантов — наплавных железобетонных кубиков размером с многоквартирный дом. На морское дно устанавливаются крупные промышленные объекты.

Этап сворачивания. Ни одна из технологий не предоставляет возможности столь полной реализации принципа «зеленой лужайки». Использование плавучих и наплавных объектов способствует почти полному удалению следов любой хозяйственной деятельности человека, что так важно для экологии Арктической зоны.

Необходимо отметить, что этап сворачивания одной из структур может означать развертывание новой, поскольку плавучие модули могут продолжить свою работу на новом месте дислокации.

Оптимальным материалом для строительства таких объектов являются железобетонные и композитные сталежелезобетонные конструкции. Их важнейшие качества:

- долговечность, нормативный срок службы железобетонных конструкций составляет 50 лет и более;
- коррозионная стойкость в морской воде;
- относительно невысокая стоимость;
- высокая технологичность (при применении скользящей опалубки, стандартных составных частей конструкции и современного высокопроизводительного оборудования строительство железобетонных сооружений можно выполнить в кратчайшие сроки);
- низкие эксплуатационные затраты (железобетонные корпуса не требуют периодической окраски, как это характерно для металлических конструкций);
- более высокие теплоизоляционные свойства железобетонных оболочек по сравнению со стальными одинаковой прочности.

Все эти качества делают железобетонные и композитные конструкции незаменимым средством для создания арктических инфраструктурных систем методами судостроительных технологий.

«ЦКБ «Монолит» ведет разработку универсальных типовых модулей — судов, из которых возможно создание комплексных объектов, таких, как производственные объекты, структуры энергоснабжения, базы Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации и др. Каждый такой комплексный объект является самодостаточной системой, обеспечивающей проживание людей, энергообеспечение, экологическую безопасность и многообразные специальные функции.

Сформирован технический облик (общее расположение, весовая нагрузка, спецификация) общесудовых типовых модулей инфраструктурных систем двух типов:

- 1) на железобетонном понтоне с размерами в плане 85×13,5 м (рис. 1);
- 2) на корпусе катамаранного типа с размерами в плане 85×31 м (рис. 2).

На понтоне первого типа размещаются общежитие, госпиталь, ремонтная база, склад топлива и ГСМ, станция утилизации отходов, электростанция.

На понтоне второго типа размещаются ангар колесно-гусеничной техники с вертолетной площадкой, комплексная база Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации.

Корпус катамаранного типа может быть широко использован для размещения различных производственных предприятий.

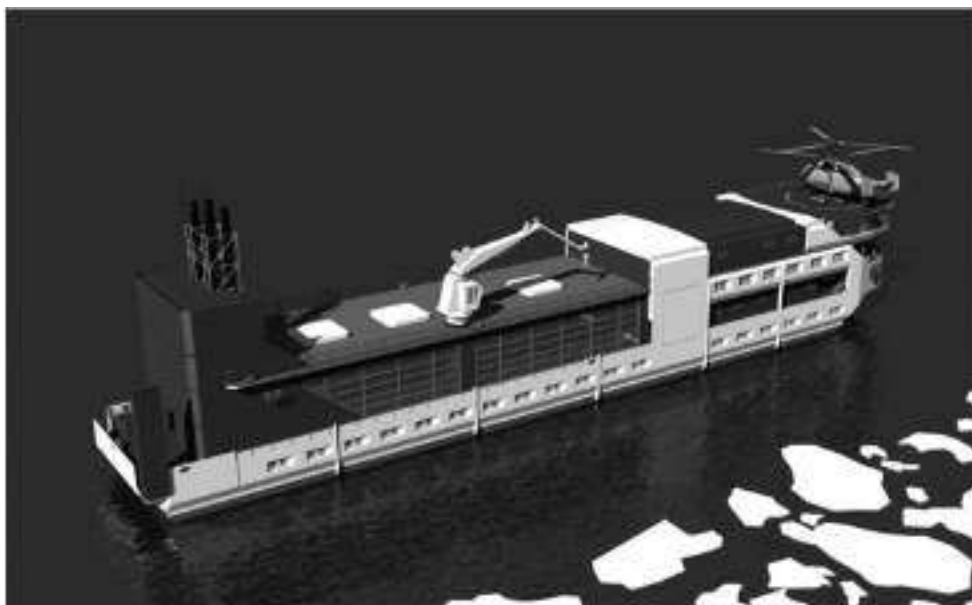


Рис. 1. Плавающая мастерская на железобетонном корпусе



Рис. 2. Ангар колесно-гусеничной техники на корпусе катамаранного типа

Еще более широкая сфера применения при освоении Арктики открывается для наплавных конструкций, т. е. сооружений, которые доставляются к месту установки в плавучем состоянии, затем усаживаются на дно акватории и балластируются, становясь, таким образом, стационарными.

Одним из самых прогрессивных средств, позволяющих наплавным способом создавать массивные объекты современного гидротехнического строительства, являются железобетонные массивы-гиганты (рис. 3). Они используются для строительства полноразмерных причалов, волноломов и искусственных островов. Суть технологии заключается в изготовлении на специализированном предприятии плавучих сооружений — массивов-гигантов, которые представляют из себя железобетонные призмы, каждый размером с многоэтажный дом, поделенные переборками на отсеки. Массивы-гиганты буксируются к месту строительства гидротехнического сооружения, где их устанавливают на грунт путем заполнения отсеков корпуса балластом (водой, а затем — песком, грунтом и прочими недорогими материалами).



Рис. 3. Внешний вид типового массива-гиганта

Подводя итоги сказанного выше, необходимо отметить, что рассмотренные инфраструктурные системы благодаря тому, что они состоят из плавучих или наплавных элементов, характеризуются большими возможностями для регулировки и модернизации в течение всего их жизненного цикла. Это приобретает особую важность, поскольку речь идет об использовании их в Арктической зоне, зоне обустройства Северного морского пути.

Creation and Maintenance of the Life Cycle of Flexible Infrastructure Systems in the Arctic Region Formed on the Basis of Floating and Floating Reinforced Concrete Objects

© | Shumskii V.V.

mail@monolit-kb.ru

JSC "Central Design Bureau "Monolit", Gorodets, 606505, Russia

Floating and floating objects are an effective way to solve the problems of the development of the Arctic zone. They can be defined as a flexible macro-infrastructure system. The stages of deployment, continuous functioning and folding are distinguished. The modules that make up the structure undergo repeated upgrades. The most effective way is to quickly replace a working module with a more progressive one. Central Design Bureau "Monolit" is developing universal standard modules. The considered infrastructure systems are characterized by great opportunities for adjustment and modernization throughout their entire life cycle.

Keywords: life cycle, floating and floating objects, system

УДК 658.518.3

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-041

Проблематика унификации подходов к разработке системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники

© | Юрина Анна Анатольевна

annapupil@yandex.ru

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

Раскрыта основная масса вопросов, встающая на пути разработки и создания системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Классифицированы основные составляющие ВВСТ, сформирован перечень требований к потенциальному облику и функционированию СУПЖЦ, дана оценка существующим СУПЖЦ, разработаны направления создания СУПЖЦ ВВСТ.

Ключевые слова: система управления полным жизненным циклом продукции (СУПЖЦ), унификация и стандартизация входных данных автоматизированных систем, проблематика СУПЖЦ, направления разработки СУПЖЦ

Под жизненным циклом (ЖЦ) продукции или изделия в общем виде принято понимать комплекс процессов и стадий, заикленный в определенном периоде, характеризуемым отрезком времени существования базисной модели продукции до ее окончательной утилизации или переработки. Необходимо отме-

тить, что наполняемость ЖЦ изделий в разных отраслях промышленности, например, в гражданской и военной (рис. 1), может различаться.

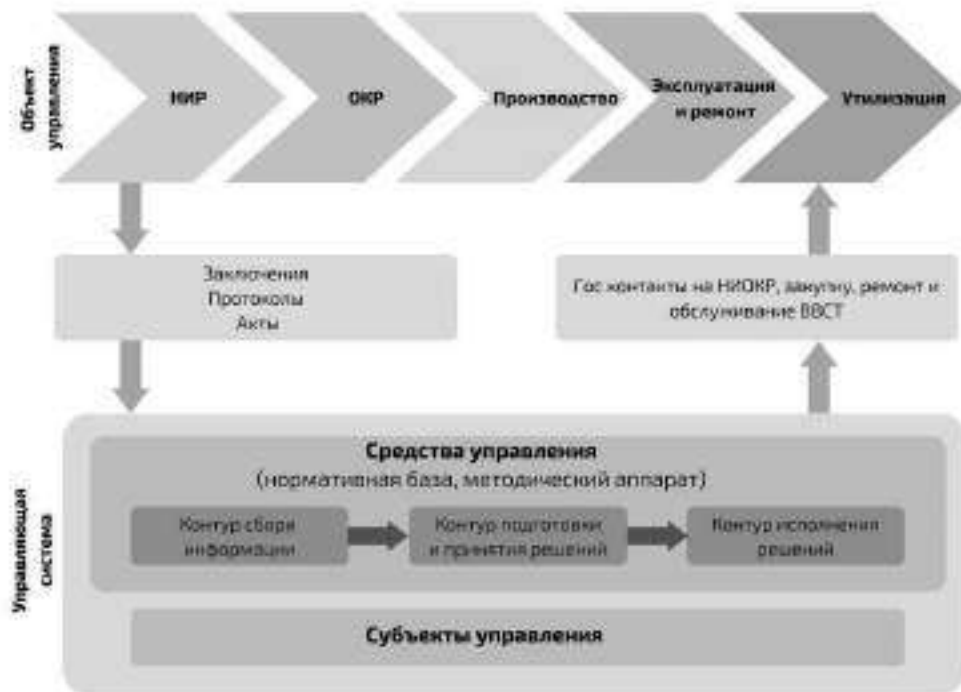


Рис. 1. Наполняемость ЖЦ изделий в разных отраслях промышленности

Ряд стейкхолдеров в Российской Федерации, участвующих в организации и проведении мероприятий по разработке системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ), полнится различными министерствами и ведомствами, в числе которых минобороны, министерство промышленности и торговли, министерство иностранных дел и т. д. [1]. Зарубежный опыт демонстрирует, что значительное сокращение затрат на техническое оснащение может быть обеспечено именно созданием такой системы. Грамотно спроектированная СУПЖЦ своей целью имеет максимизацию всех показателей эффективности в непосредственной корреляции с минимизацией финансовых и материальных вложений, что подразумевает оптимальное и рациональное планирование и использование ресурсов как на реализации отдельно взятого этапа, так и в течение всего жизненного цикла в целом [2].

Потребность в решении множественных научных и координирующих задач предопределена созданием СУПЖЦ (рис. 2).

Этапы ЖЦ	Параметры управления	Способы управления	Эффект от управления
НИР	Степень готовности технологической готовности показателя ЖЦ изделия	Оценка готовности технологий и технико-экономическое обоснование	Снижение рисков при разработке
Разработка	Степень соответствия технико-технических характеристик (ТТХ) образца ВВСТ предъявляемым требованиям, в том числе относительным показателям	Характеристика требований в процессе формирования облика образца ВВСТ, оптимизация конструкции образца в системе его эксплуатации и утилизации	Реализация требований к образцу ВВСТ в предельные сроки и ресурсы
Производство	Степень соответствия ТТХ предъявляемым требованиям в процессе производства, соответствие готовности производства образца заявленной	Оптимизация кооперации исполнителей, календаризация составной части (СЧ) образца, оптимизация производства, использование новых технологий	Снижение издержек производства, обеспечение требуемого уровня ТТХ
Эксплуатация и ремонт	Степень готовности ВВСТ, степень деградации ТТХ в процессе эксплуатации	Обеспечение совместности и аддитивности ТО, ремонт по состоянию, рациональное использование и восстановление ресурсов	Степень готовности парка ВВСТ, снижение издержек эксплуатации
Утилизация	Закрыты ли утилизируемые статьи, привлекательность вторичных продуктов	Определение рациональных сроков и способов утилизации, учет требований к утилизируем	Снижение издержек по утилизации, увеличение степени использования вторичных ресурсов

Рис. 2. Управление полным ЖЦ ВВСТ

Для воплощения данной системы в жизнь необходима унификация отдельных категорий вопросов, а именно:

- в чем ведении будет централизовано управление системой: у государства или у предприятий, и обусловлена ли необходимость сосредоточения регулирования в одних руках;
- на чем будет базироваться технологический контур системы;
- как будет осуществляться поддержка принятия решений с учетом специфики отдельно взятого типа вооружения.

На данный момент имеется четкое понимание необходимости стандартизации основополагающих вопросов, в числе которых нормативная база, программное обеспечение, техническая документация и т. д. [3].

Нельзя не упомянуть тот факт, что и до сегодняшнего дня в том или ином качестве использовались СУПЖЦ в различных отраслях оборонной промышленности, но на пути их использования вставал целый перечень проблем (рис. 3).

Самая распространенная проблема внедрения и использования таких систем — изолированность отдельно взятых стадий ЖЦ в разрезе полного цикла, приводящая к невозможности их интеграции [4]. В простом понимании, это означает, что входные и выходные объекты каждого этапа не являются приведенными, а значит, требуют компиляции. Самое очевидное последствие реализации такой системы — существенно более малый интегрированный результат относительно потенциала системы.

Этапы ЖЦ	Нормативное и методическое обеспечение	Информационное обеспечение
НИР	<ul style="list-style-type: none"> Методический аппарат обоснования ГТХ, оценки стоимости и объема работ основан на экспертных (субъективных) оценках Не сформирован механизм обязательной оценки готовности НТЗ и учета полученных оценок при формировании ГОЗ 	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие полной статистической информации о ЖЦ существующих образцов ВВСТ Не систематизированы данные о ранее проведенных оценках стоимости, объемах работ по созданию ВВСТ и степени их достоверности
Разработка	<ul style="list-style-type: none"> Методический аппарат оценки стоимости ЖЦ изделия, оптимизация его конструкции не позволяет получать точных результатов Не обеспечивается учет технологических возможностей предприятий-изготовителей ВВСТ и особенностей системы эксплуатации 	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие необходимой статистической информации и ЖЦ существующих образцов ВВСТ Отсутствуют исходные данные по системе эксплуатации Неполнота каталога предметов снабжения (ПС)
Производство	<ul style="list-style-type: none"> Не решены вопросы передачи производителю контрольной документации 	<ul style="list-style-type: none"> Технологическая документация в бумажном виде не эффективна, затруднено ее повторное использование при освоении новых изделий
Эксплуатация и ремонт	<ul style="list-style-type: none"> Низкая степень использования средств объективного контроля и диагностики изделий Отсутствует аппарат оптимального управления ТО и МТО 	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие полной детальной информации о результатах эксплуатации ВВСТ, ремонтопригодности и объемах запчастей Отсутствие актуальной эксплуатационной документации

Рис. 3. Недостатки существующей СУПЖЦ

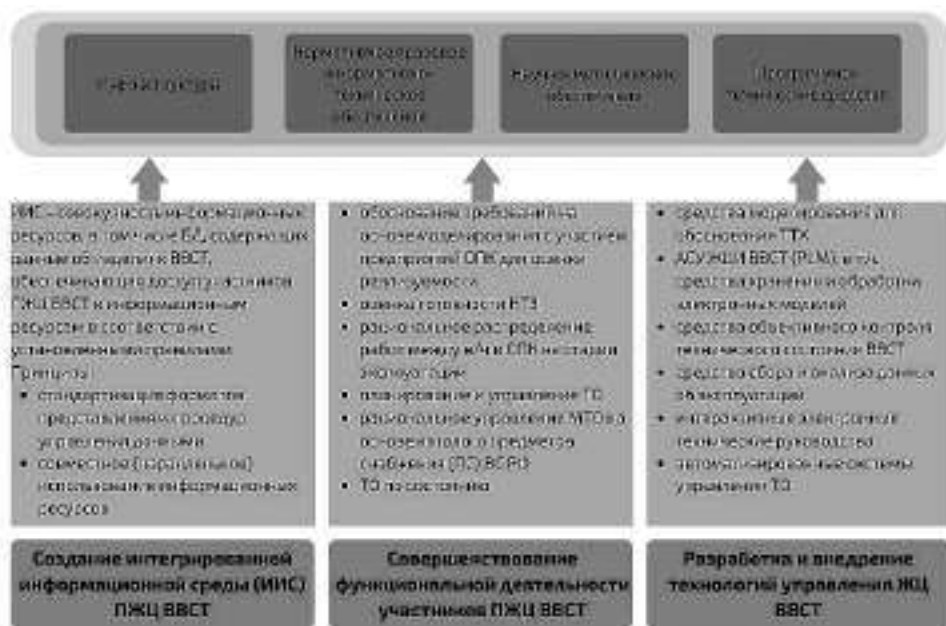


Рис. 4. Основные направления создания СУПЖЦ

Исходя из реестра недостатков нынешних СУПЖЦ, можно сформировать стратегические направления по разработке ее компонентов (рис. 4):

- формирование информационной среды с учетом ее интегрируемости;
- создание условий и регламентов, обеспечивающих стандартизацию видов и форм взаимодействия участников регулирования СУПЖЦ;
- разработка целостной технико-технологической сферы СУПЖЦ.

Необходимо отметить, что наработки в отношении формирования технико-технологической среды не единичны, многие из них применяются на практике, но основной недостаток заключается в многообразии их типов и форм обработки и представления информации (рис. 4). Несовместимые (не приведенные данные) не могут на выходе дать полноценный потенциальный эффект [5].

На основе идентификации основных элементов формирования и управления ЖЦ продукции, недостатков существующей СУПЖЦ вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), а также рассмотрения проблем, связанных с созданием и внедрением СУПЖЦ можно сделать вывод о перспективности ориентации на рационализацию планирования и расходования ресурсов в области ВВСТ, что является сложной, многогранной и требующей комплексности в выборе подходов к ее решению проблемой, а также предельной концентрации и координации заинтересованных сторон и непрерывного, уверенного руководства.

Литература

- [1] Петрушин С.И., Губайдулина Р.Х. Организация жизненного цикла изделий машиностроения. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2014, № 7, с. 137–138.
- [2] Пачкин С.Г. Автоматизация управления жизненным циклом продукции. Кемерово, КемГУ, 2018.
- [3] ГОСТ Р 51725.18–2014. *Каталогизация продукции для федеральных государственных нужд. Номенклатурные перечни*. М., Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2015.
- [4] Садовников Д., Ширяев Н. *К вопросу о выборе решения для автоматизации управления проектной деятельностью*. САПР и графика, 2018, № 10, с. 44–48.
- [5] Евгеньев Г.Б., Кузьмин Б.В., Рубахина В.И. Методы и средства управления жизненным циклом изделий машиностроения. *Системы управления, связи и безопасности*, 2015, № 4, с. 198–216.

The Problem of Unification of Approaches to Developing a Full Life Cycle Control System for Weapons, Military and Special Equipment

© | Yurina A.A.

annapupil@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The main mass of issues that stand in the way of developing and creating a system for managing the full life cycle of weapons, military and special equipment is disclosed. The main components of weapons, military and special equipment are classified, a list of require-

ments for the potential appearance and functioning of the full life cycle management system is formed, an assessment of existing full life cycle management systems is given, and directions for creating a full life cycle management system for weapons, military and special equipment are developed.

Keywords: *management system for the full life cycle of products, unification and standardization of input data of automated systems, problems of life cycle management, directions of development of life cycle management systems*

УДК 338.45

DOI: 10.18698/978-5-7038-5629-1-042

Развитие ключевых компетенций сотрудников уполномоченных органов в условиях перехода к «цифровой» сертификации промышленной продукции

© | Яковлева Мария Владимировна

mvyakovleva@bmstu.ru

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

Обоснована целесообразность совокупного внедрения концепции цифрового двойника и технологии распределенного реестра в автоматизированную систему управления жизненным циклом промышленной продукции для перехода к «цифровой» сертификации. Выделены основные ключевые «цифровые» компетенции сотрудников уполномоченных органов в сфере сертификации, достижение которых позволит обеспечить адаптацию персонала к переходу на «цифровую» сертификацию.

Ключевые слова: *«цифровая» сертификация, индекс «цифрового интеллекта», модель компетенций, цифровой двойник, блокчейн, автоматизированная система управления жизненным циклом*

В рамках «Индустрии 4.0» ключевыми технологическими драйверами экономического роста становятся «сквозные» цифровые технологии, которые внедряются во многие сферы, в том числе в промышленность [1]. В дорожную карту по снятию административных барьеров рынка «Технет», утвержденную правительством России, заложено введение на законодательном уровне в ближайшее время разрешений на «цифровую» сертификацию.

В целях сокращения временных затрат на прохождение сертификационных испытаний и доработку промышленной продукции целесообразно начинать проводить испытания в цифровой форме на ранних стадиях проектирования, что невозможно без разработки цифрового двойника [2]. Благодаря прохождению смоделированных сертификационных испытаний цифровых двойников на этапе проектирования возможно сократить сроки сертификации и более точно спланировать натурные испытания. Верифицированные модели в рамках цифрового двойника позволят заранее определять места наилучшего размещения датчиков и режимов испытаний.

Поскольку цифровой двойник является ключевым элементом в автоматизированной системе управления жизненным циклом промышленной продукции важно обеспечить информационную безопасность [3]. Решением проблемы информационной безопасности при внедрении цифровых двойников может стать внедрение технологии распределенного реестра в систему управления жизненным циклом.

Автором предлагается создать единый блокчейн, включающий в себя данные по каждой стадии жизненного цикла промышленной продукции. На этапе сертификации в уполномоченных аккредитованных органах можно взять за основу для внедрения систему Blockchain Certification Network, которая представляет собой децентрализованную систему хранения информации о сертификатах продукции. В качестве дополнения к ней предлагается внедрить автоматическую передачу результатов сертификационных испытаний напрямую с измерительного оборудования в компьютер, причем результаты испытаний будут передаваться непосредственно в соответствующие блоки блокчейна, что позволит исключить фальсификацию результатов испытаний и минимизирует влияние человеческого фактора [4]. Таким образом, для сотрудников уполномоченных органов в системе «цифровой» сертификации будет доступна информация о результатах испытаний цифровых двойников, а у изготовителя продукции в свою очередь будут результаты сертификационных испытаний в единой защищенной базе данных. С помощью базы данных на основе технологии распределенного реестра можно обеспечить отслеживание, прозрачность и видимость информационных данных о показателях надежности и качества продукции в процессе разработки, производства, сертификации, эксплуатации и др. Информация о фактическом состоянии промышленной продукции будет доступна всем участникам автоматизированной системы управления жизненным циклом.

В условиях цифровизации [5] и реализации, представленных выше рекомендаций, необходимо изменить подход к развитию ключевых компетенций сотрудников уполномоченных органов в сфере сертификации. Предлагается для них внедрить комбинированный подход системы оплаты труда, основанный на оплате по компетенциям [6, 7] и вознаграждением за результаты работы. Оплата труда на основе компетенций позволяет четко описать компетенции сотрудников и привязать уровень компетентности к уровню оплаты труда. Введение оплаты труда за результат позволит создать прозрачную систему вознаграждения с четко прописанными целями и разработанными показателями для каждого сотрудника.

Остановимся более подробно на постоянной части выплат сотрудникам уполномоченных органов в условиях перехода к «цифровой» сертификации, которая, по мнению автора, должна представлять собой грейды на основе уровня профессиональных компетенций.

Пусть N обозначает число ключевых профессиональных компетенций, которые необходимы для работы в сфере сертификации, W — множество со-

трудников. Тогда моделью компетенций для сотрудников называется вектор $\bar{k}(w): \bar{k}(w) = (k_1, \dots, k_n)$, где $w \in W$, $k_i \in R^+$.

Среди ключевых компетенций для сотрудников уполномоченных органов при переходе к «цифровой» сертификации можно выделить:

– проведение процедур по подтверждению соответствия продукции требованиям нормативно-технической документации в цифровой форме на высоком уровне качества;

– личный индекс «цифрового интеллекта»;

– умение собирать и распоряжаться большим объемом данных;

– умение быть кросс-функциональным;

– способность к самообучению и саморазвитию.

В случае повышения тем или иным сотрудником уровня компетентности можно использовать матрицу выплаты заработной платы в зависимости от эффективности и развития сотрудниками ключевых компетенций.

Подводя итоги всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что в ближайшее время возможен переход на полностью «цифровую» сертификацию с использованием «сквозных» технологий. В связи с этим развитие ключевых «цифровых» компетенций сотрудников уполномоченных органов в сфере сертификации позволит упростить и обеспечить готовность сотрудников к переходу на «цифровую» сертификацию, а также сделать более объективным и эффективным процесс управления персоналом.

Литература

- [1] Урасова А.А. Сквозные технологии управления промышленностью современной России. *ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении*, 2020, № 1, с. 63–66.
- [2] Старожук Е.А., Яковлева М.В. Анализ основных рисков снижения эффективности деятельности промышленных предприятий при внедрении цифровых двойников в автоматизированную систему управления жизненным циклом продукции. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, т. 10, № 3, с. 1381–1392.
- [3] Фетюков Ф.В. Уязвимость интернета вещей и обеспечение безопасности в цифровой среде. *Эволюция российского права: Матер. XVIII междунар. науч. конф.* Екатеринбург, 2020, с. 294–295.
- [4] Старожук Е.А., Яковлева М.В. Разработка алгоритма сертификационных испытаний технических средств на основе применения блокчейна. *Вопросы инновационной экономики*, 2019, т. 9, № 3, с. 1177–1192.
- [5] Шугуров М.В. Тенденции и перспективы развития региональной научно-технологической интеграции в контексте Цифровой повестки ЕАЭС: политико-правовое измерение. *Право и политика*, 2020, № 9, с. 119–142.
- [6] Федченко А.А., Зенкова О.А., Прилепин В.В. Роль мультикомпетентности в новом технологическом укладе. *Инновационные доминанты социально-трудовой сферы: Матер. Междунар. науч.-практ. конф.* Воронеж, 2020, с. 325–330.
- [7] Булакин Л.А., Гаврилов Н.С., Ляпина С.Ю. Цифровизация и цифровая трансформация функций управления человеческими ресурсами на промышленных пред-

приятных в процессе перехода к технологической парадигме «Индустрия 4.0». *Управление человеческими ресурсами — основа развития инновационной экономики: Матер. IX Междунар. науч.-практ. конф.* Красноярск, 2020, с. 310–317.

Development of Key Competencies of Employees of Authorized Bodies in the Conditions of Transition to “Digital” Certification of Industrial Products

© | Yakovleva M.V.

mvyakovleva@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

This article substantiates the feasibility of the combined implementation of the digital twin concept and distributed registry technology in an automated system for managing the life cycle of industrial products for the transition to “digital” certification. The author identifies the main key “digital” competencies of employees of authorized bodies in the field of certification, the achievement of which will ensure the adaptation of personnel to the transition to “digital” certification.

Keywords: “digital” certification, “digital intelligence” index, competence model, digital twin, blockchain, automated life cycle management system

Содержание

<i>Абрамов Т.Е., Баранов М.В., Соколянский В.В.</i> Создание модели высокотехнологичного инновационного предприятия на платформе модифицированной производственной функции типа Кобба — Дугласа	3
<i>Алжанов Д.К., Мынжасаров Р.И.</i> Роль инновационных технологий в стратегии развития авиационных предприятий	9
<i>Аносов Р.С., Бывших Д.М., Зеленская С.Г.</i> Влияние внешнесистемных параметров на прогнозируемую стоимость стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы	13
<i>Аносов Р.С., Бывших Д.М., Зеленская С.Г.</i> Снижение риска НИОКР при военно-научном сопровождении	22
<i>Аносов Р.С., Бывших Д.М., Суровцев С.В.</i> Испытания как один из важнейших этапов жизненного цикла техники радиоэлектронной борьбы	26
<i>Апашкина Д.С.</i> Внедрение цифровой системы управления, обеспечивающих качество на всех этапах жизненного цикла наукоемкой продукции	30
<i>Афанасьев А.С., Вященко Ю.Л., Иванов К.М., Яковлев С.А.</i> Управление параметрами готовности модернизируемого самоходного артиллерийского орудия в контракте жизненного цикла	33
<i>Бабкин А.В., Подольский А.Г.</i> К вопросу о нормировании труда работников, занятых выполнением работ общехозяйственного и общепроизводственного назначения	38
<i>Болотнов А.С., Прокудин В.Н., Икренников М.С.</i> Структура этапов жизненного цикла сложных высокотехнологичных изделий прецизионного приборостроения	42
<i>Бывших Д.М., Жуков А.М., Зеленская С.Г.</i> Прогнозирование длительности разработки образцов техники радиоэлектронной борьбы	47
<i>Бышовец А.Д.</i> Маркетинговая деятельность в системе управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции	60
<i>Винокурова А.С., Иванова И.А.</i> Экономические проблемы диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса в Российской Федерации	64
<i>Ганус Ю.А., Старожук Е.А.</i> Непрерывная модернизация высокотехнологичной продукции в течение жизненного цикла — ответ на растущие вызовы ускорения устаревания изделий, их системных компонентов и усиления технического, технологического противостояния и конкуренции	67
<i>Голоднов Д.А., Сокуренок Е.Д., Соколянский В.В.</i> Компьютерная игра «Жизнь» как инновационный инструмент для визуализации экономико-производственных процессов высокотехнологичного предприятия ракетно-космической отрасли с системой управления полным жизненным циклом	81

<i>Денисов С.Н., Голубев С.С.</i> Модель управления затратами на жизненном цикле высокотехнологичной продукции предприятий оборонно-промышленного комплекса	85
<i>Ерофеев В.С.</i> Архитектура системы управления жизненным циклом	88
<i>Ерошин С.Е., Климентов Г.А.</i> Формирование системы мониторинга деятельности организаций оборонно-промышленного комплекса	93
<i>Захаров Ф.П., Красникова А.С.</i> Роль жизненного цикла продукта в деятельности промышленного предприятия	100
<i>Икреников М.С., Прокудин В.Н., Болотнов А.С.</i> Жизненные циклы электронного правительства	105
<i>Ильин С.Ю.</i> Управление жизненным циклом инновационных продуктов	109
<i>Ирзаев Г.Х.</i> Задачи управления инженерными изменениями, вносимыми в конструкцию радиоэлектронных средств на этапах их жизненного цикла	113
<i>Киселева А.Е., Корзин М.М., Спиридонов А.Ю.</i> Цифровая трансформация конструкторско-технологической подготовки производства для строительства перспективной морской техники военного назначения	117
<i>Куняев Н.Е., Мартынов Л.М., Старожук Е.А.</i> Разработка составляющих инструментария инфокомного механизма инжиниринговых компаний в условиях современной материально-виртуальной бизнес-среды	126
<i>Ларюхин В.Б., Скобелев П.О.</i> Цифровая экосистема управления производственной кооперацией предприятий в реальном времени по организации поставок высокотехнологичной продукции	133
<i>Лисицинский Д.А., Соколянский В.В.</i> Технология создания модифицированных лиц Чернова при моделировании экономико-производственной деятельности предприятия машиностроения с полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции	137
<i>Мартынов Л.М., Саматова А.И.</i> Влияние механизма управления с использованием цифровых технологий на этапы жизненного цикла промышленных предприятий	141
<i>Масленникова Ю.Л.</i> Проблемы автоматизации управления опытным производством	148
<i>Овсянников М.В., Подкопаев С.А., Буханов С.А.</i> Диагностика технологического оборудования на основе облачной платформы	151
<i>Овчинников С.А., Фаллер К.П., Шпилевой В.Ф., Ларюхин В.Б., Скобелев П.О.</i> Знания и эффективность управления ресурсами на единой технологической платформе — основа развития систем управления жизненным циклом изделий	160
<i>Овчинников С.А., Фаллер К.П., Шпилевой В.Ф.</i> Обеспечение эффективности жизненного цикла продукции на основе развития современных методов проектирования и технологий инжиниринга	165
<i>Осяев А.Т., Ганюшкина Н.А.</i> Предиктивная модель управления техническим состоянием беспилотных летательных аппаратов	170

<i>Панкова А.С., Кочетков М.Н., Старожук Е.А.</i> Модернизация нормативно-правовой базы жизненного цикла продукта	174
<i>Подольский А.Г.</i> Методический подход к комплексному учету затратного и военно-технического аспектов при планировании боевой операции и создания высокотехнологичных образцов	177
<i>Русакова А.С., Кочетков М.Н., Старожук Е.А.</i> Применение информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции	180
<i>Сейткурбанова Г., Мынжасаров Р.И.</i> Проблема устаревания высокотехнологичной продукции в оборонной промышленности	184
<i>Скворцов О.Б.</i> Модификация аппаратурно-программных решений для системы вибромониторинга мощных роторных агрегатов	188
<i>Старожук Е.А., Яковлева М.В.</i> Основы разработки модели внедрения цифровых двойников и цифровых теней в систему управления жизненным циклом промышленной продукции	194
<i>Трофименко А.Б.</i> Разработка модели управления формированием творческих коллективов при организации выполнения высокотехнологичных работ	198
<i>Шишкин А.В.</i> Современные цифровые технологии и цифровой двойник	202
<i>Шумский В.В.</i> Создание и поддержание жизненного цикла гибких инфраструктурных систем в арктическом регионе, сформированных на основе плавучих и наплавных железобетонных объектов	207
<i>Юрина А.А.</i> Проблематика унификации подходов к разработке системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники	212
<i>Яковлева М.В.</i> Развитие ключевых компетенций сотрудников уполномоченных органов в условиях перехода к «цифровой» сертификации промышленной продукции	217

Научное издание

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ:
НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ РОСТА**

IV Всероссийская научно-практическая конференция

(Москва, 21 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

*Художник Я.М. Асинкритова
Компьютерная верстка С.А. Серебряковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 12.04.2021. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 18,2. Тираж 125 экз. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1.
press@baumanpress.ru
<https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1.
baumanprint@gmail.com