

М. Д. Михайлов^{1✉}, Е. А. Усанькова¹

Оптимизация процессов жизненного цикла инновационной продукции в условиях цифровой экономики

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: mihajlovmi hail90@gmail.com

Аннотация. В статье проводится исследование методов оптимизации процессов жизненного цикла инновационной продукции в условиях цифровой экономики. Рассмотрены структурно-стадийные особенности жизненного цикла инноваций, методы оценки экономической эффективности инновационных проектов, модели управления стоимостью жизненного цикла продукции и механизмы интегрированной логистической поддержки. Исследование основано на анализе научных работ, посвященных цифровизации инновационных процессов, CALS-технологиям, PLM- и ERP-системам, а также методам экономико-математического моделирования. Установлено, что основная доля затрат инновационной продукции формируется на стадии эксплуатации. Предложена интегрированная модель оптимизации жизненного цикла инновационной продукции, основанная на цифровом управлении данными, логистической поддержке и управлении стоимостью жизненного цикла. Практический результат применения модели выражается в сокращении сроков вывода продукции на рынок, снижении эксплуатационных затрат и повышении коэффициента готовности продукции.

Ключевые слова: инновационная продукция, жизненный цикл, цифровизация, PLM, ERP, CALS-технологии, стоимость жизненного цикла

M. D. Mikhailov^{1✉}, E. A. Usankova¹

Optimizing the life Cycle Processes of Innovative Products in the Digital Economy

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: mihajlovmi hail90@gmail.com

Abstract. The article examines the methods of optimizing the processes of the life cycle of innovative products in the digital economy. The structural and stage-based features of the innovation lifecycle, methods for evaluating the economic effectiveness of innovative projects, models for managing the cost of the product lifecycle, and mechanisms for integrated logistical support are considered. The study is based on an analysis of scientific papers devoted to the digitalization of innovation processes, CALS technologies, PLM and ERP systems, as well as methods of economic and mathematical modeling. It has been established that the main share of the costs of innovative products is formed at the operational stage. An integrated model for optimizing the life cycle of innovative products based on digital data management, logistical support, and lifecycle cost management is proposed. The practical result of using the model is to reduce the time required to bring products to market, reduce operating costs, and increase product availability.

Keywords: innovative products, life cycle, digitalization, PLM, ERP, CALS technologies, life cycle cost

Введение

Развитие инновационной экономики связано с ускорением технологических изменений, ростом затрат на научно-исследовательские работы и сокращение жизненного цикла продукции. Предприятия функционируют в условиях высокой конкуренции, при которой эффективность определяется не только способностью создавать инновационные продукты, но и эффективностью управления всеми стадиями их жизненного цикла.

Большинство предприятий управляют стадиями жизненного цикла продукции разрозненно. Это приводит к росту эксплуатационных затрат, увеличению сроков разработки и снижению устойчивости инновационной деятельности.

Дополнительной проблемой является ускорение морального устаревания инновационной продукции. В цифровой экономике инновационные продукты распространяются значительно быстрее традиционных технологий. В результате предприятия вынуждены сокращать сроки разработки и внедрения продукции, одновременно повышая качество управления жизненным циклом.

Цель исследования заключается в разработке подходов к оптимизации процессов жизненного цикла инновационной продукции на основе интеграции цифровых технологий, логистической поддержки.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- исследовать структуру жизненного цикла инновационной продукции;
- определить основные источники затрат на различных стадиях жизненного цикла;
- проанализировать методы цифровизации процессов жизненного цикла;
- разработать интегрированную модель оптимизации жизненного цикла инновационного продукта.

Методы и материалы

Исследование основано на анализе научных публикаций, связанных с управлением жизненным циклом инновационной продукции, цифровизации инновационных процессов и логистической поддержке сложной продукции.

В качестве методологической базы использованы:

- системный подход;
- структурно-стадийный анализ;
- методы экономико-математического моделирования;
- методы оценки стоимости жизненного цикла;
- методы логистического анализа.

Жизненный цикл инновационной продукции рассматривается как совокупность взаимосвязанных стадий:

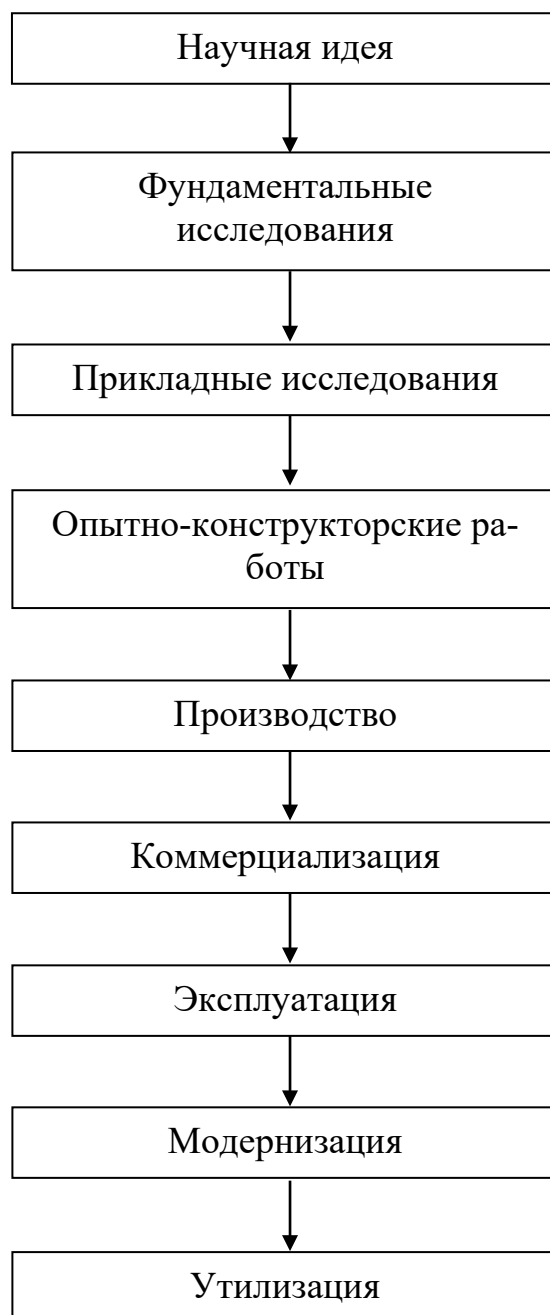


Рис. 1. Стадии жизненного цикла

Исследования Галимнурова А. Ф., Лейберта Т. Б. и Валинуровой Л. С. показывают, что инновационный процесс обладает системностью наличием стадий, а параметров на одной стадии жизненного цикла оказывает влияние на последующие стадии инновационного процесса [1].

Для оценки совокупности затрат используется модель стоимости жизненного цикла продукции:

$$LCC = A + B + \sum_{t=1}^N (C_t + D_t + E_t + F_t + G_t)k_t + H, \quad (1)$$

где A - затраты на разработку и приобретение;

B - транспортные затраты;

C_t - затраты хранения;

D_t - затраты подготовки к эксплуатации;

E_t - эксплуатационные затраты;

F_t - сервисное обслуживание;

G_t - оперативная логистическая поддержка;

H - затраты на утилизацию;

k_t - коэффициент дисконтирования [2].

Для оценки эффективности инновационного проекта применяется показатель чистой приведенной стоимости:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2)$$

где CF_t - денежный поток периода; —

r - ставка дисконтирования;

I_0 - объём первоначальных инвестиций.

Для оценки надежности и эффективности логистической поддержки рассматривается коэффициент готовности продукции:

$$K_g = \frac{T_{work}}{T_{work} + T_{repair}} \quad (3)$$

где T_{work} - время функционирования продукции;

T_{repair} - время ремонта [3].

Результаты

Исследование показало, что основная доля затрат инновационной продукции формируется не на стадии разработки, а в процессе эксплуатации продукции.

Таблица 1 – Структура затрат жизненного цикла

Стадии жизненного цикла	Доля затрат инновационной продукции
Разработка и НИОКР	15 %
Производство	25 %
Логистика	10 %
Эксплуатация	40 %
Утилизация	10 %

Полученные данные подтверждают, что более 40 % совокупных затрат формируется на стадии эксплуатации. Следовательно, оптимизация жизненного цикла должна начинаться на стадии проектирования продукции.

Исследования Денискина Ю. И., Дубровина А. В. и Подколзина В. Г. показывают, что традиционные системы менеджмента качества не способны эффективно управлять сложными информационными потоками инновационного производства [4].

Для решения данного вопроса используется:

- CAD/CAE/CAPP-системы;
- PLM-платформы;
- ERP-системы;
- Цифровые двойники;
- Системы аналитики больших данных.

Интеграция цифровых систем жизненного цикла представлена на рис. 2.



Рис. 2. Цифровая модель управления жизненным циклом

Анализ показал, что внедрение PLM- и ERP-систем обеспечивает:

- сокращение сроков разработки продукции;
- снижение количества производственных ошибок;
- повышение точности планирования;

– сокращение времени вывода продукции на рынок;

Для сложной инновационной продукции ключевыми факторами оптимизации является интегрированная логистическая поддержка (ИЛП), основанная на CALS-технологиях.



Рис. 3. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла продукции

Результаты анализа показали, что внедрение CALS-технологий и ИЛП продукции:

- сократит эксплуатационные расходы на 15-30 %;
- повысит коэффициент готовности продукции;
- снизит время технического обслуживания;
- сократит количество отказов оборудования [3].

На основе проведенного анализа была сформирована интегрированная модель оптимизации жизненного цикла инновационной продукции – рис. 4.

Критерий оптимизации жизненного цикла:

$$F = \min(LCC), K_g \geq K_{norm} \quad (4)$$

где LCC - стоимость жизненного цикла;

K_g - коэффициент готовности;

K_{norm} - нормативный коэффициент готовности.

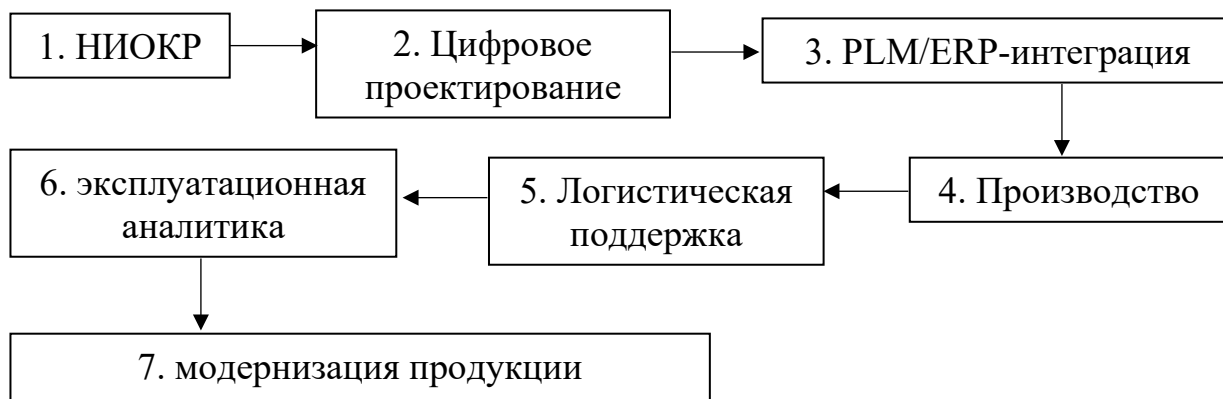


Рис. 4. Интегрированная модель оптимизации жизненного цикла инновационной продукции

Модель показывает, что предприятие должно минимизировать совокупные затраты жизненного цикла без снижения надежности продукции.

Полученные результаты подтверждают, что подходы к управлению инновационной продукцией ориентированы преимущественно на стадии разработки и производства, тогда как основная часть затрат формируется в эксплуатации продукции [2].

Интеграция цифровых систем управления жизненным циклом обеспечивает объединение процессов проектирования, производства, логистики и эксплуатации в единую информационную систему [4,5].

Использование PLM- и ERP-систем обеспечивает непрерывное управление данными о продукции, а CALS-технологии позволяют повысить эффективность сервисного обслуживания и модернизации продукции [3].

Современные инновационные процессы должны учитывать экологические и социальные аспекты устойчивого развития [6].

Шаповалов В. Л. подчеркивает необходимость комплексного исследования всех стадий жизненного цикла инновационной продукции [7].

Аналогичная позиция у Шамина Л. К. и Тутаева М. Ю, рассматривающие инновационный процесс как совокупность связанных стадий развития инноваций [8].

Заключение

Проведенное исследование показало, что оптимизация процессов жизненного цикла инновационной продукции требует перехода от разрозненного управления отдельными стадиями к интегрированной цифровой модели управления.

Основные результаты исследования:

- основная доля затрат инновационной продукции формируется на стадии эксплуатации;
- наиболее эффективной является модель управления, основанная на интеграции PLM- ERP- и CALS-технологий;
- интеграция цифровых систем сокращает сроки разработки и повышает качество управления жизненным циклом продукции;
- использование интегрированной логистической поддержки снижает эксплуатационные расходы и повышает коэффициент готовности продукции;
- предложенная интегрированная модель оптимизация обеспечивает снижение совокупной стоимости жизненного цикла без снижения надежности продукции.

Практическое значение исследование заключается в возможном применении предложенной модели для повышения эффективности управления инновационной продукции на промышленных предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Галимнуров А. Ф., Лейберт Т. Б., Валинурова Л. С. Структурно-стадийная концепция жизненного цикла инноваций // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 6–10.
- 2 Кобин П. Н. Стратегия управления жизненным циклом инновации как инструмент устойчивого развития организации // Управление инновациями. – 2025. – № 2. – С. 54–60.
- 3 Брицко Г. В. Особенности организации логистической поддержки жизненного цикла сложной инновационной продукции // Вестник Университета. – 2014. – № 12. – С. 5–11.
- 4 Денискин Ю. И., Дубровин А. В., Подколзин В. Г. Управление качеством процессов жизненного цикла инновационной продукции на основе компьютерной системы менеджмента качества // Труды МАИ. – 2017. – № 95.
- 5 Багваби Д. Е., Дубровина Т. А. Теории, концепции и особенности жизненного цикла инновационных продуктов в цифровую эпоху // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 7. – С. 104–124.
- 6 Орлова В. А. Специфические особенности и подходы к анализу жизненного цикла устойчивых инноваций // Вестник Академии знаний. – 2024. – № 5 (64). – С. 293–296.
- 7 Шаповалов В. Л. Методы комплексного исследования жизненного цикла продуктовых инноваций // Transport Business in Russia. – 2010. – № 6. – С. 173–176.
- 8 Шамина Л. К., Тутаева М. Ю. Особенности жизненного цикла продуктовой инновации // Научно-технические ведомости СПбГУ ИТМО. – 2012. – № 2. – С. 45–50.

© М. Д. Михайлов, Е. А. Усанькова, 2026