

*Белов К.Н.*

*магистрант*

*НИТУ «МИСИС»*

*Россия, г. Москва*

*Научный руководитель: Бабешко В.Н., к.т.н., доцент*

*НИТУ «МИСИС»*

*Россия, г. Москва*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-  
ВНЕДРЕНЧЕСКОГО ЦИКЛА ИМПОРТОЗАМЕЩЕННЫХ  
ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ**

*Аннотация.* В статье рассмотрена проблема уменьшения временных затрат на изготовление и внедрение импортозамещенных высоконагруженных программно-аппаратных комплексов (ПАК). В ходе выполнения анализа всех имеющихся процессов, была разработана целевая модель, где были представлены контрольные точки, артефакты и технические средства для систематизации и контроля деятельности. Пилотный цикл с четырьмя экземплярами ПАК показал снижение времени производственного цикла на 30%, времени внедрения на 31%, а количество возвратов уменьшилось на 65-70%.

*Ключевые слова:* программно-аппаратный комплекс, жизненный цикл, импортозамещение, управление конфигурацией, поток создания ценности, коэффициент процессного цикла, автоматизация проверок.

*Belov K.N.*  
*Master's student*  
*NUST MISIS*  
*Russia, Moscow*

*Scientific advisor: Babeshko V.N., Ph.D., Associate Professor*  
*NUST MISIS*  
*Russia, Moscow*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION AND  
IMPLEMENTATION CYCLE OF IMPORT-SUBSTITUTED HIGH-  
LOAD SOFTWARE-HARDWARE COMPLEXES**

***Abstract.** The article discusses the problem of reducing the time required for the production and implementation of import-substituting high-load software and hardware complexes (HSC). During the analysis of all existing processes, a target model was developed, which included control points, artifacts, and technical tools for systematizing and monitoring activities. A pilot cycle with four instances of HSC resulted in a 30% reduction in production cycle time, a 31% reduction in implementation time, and a 65-70% reduction in the number of returns.*

***Keywords:** hardware-software complex, lifecycle management, import substitution, configuration management, value stream mapping (VSM), process cycle efficiency (PCE), automated verification.*

## Введение

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена тем, что на сегодняшний день в условиях активного импортозамещения в сегменте отечественных высоконагруженных программно-аппаратных комплексов происходят серьезные изменения.

Идет тенденция смены используемого программного обеспечения от компаний-производителей из других стран на отечественное программное обеспечение и комплектующие, что приводит к увеличению разнообразия конфигураций и увеличению сложности настройки и тестирования. В свою очередь за счет ожиданий заказчиков и большей зрелости зарубежных решений повышаются требования к качеству продукции и срокам их внедрения.

Программно-аппаратные комплексы (ПАК), это многокомпонентные системы, включающие в себя серверное оборудование, системное и прикладное программное обеспечение, средства управления, приобретаемые у различных поставщиков и не всегда на одинаково зрелой стадии развития. В частности, при замещении иностранных комплектующих и расширении ассортимента импортозамещаемых изделий усложняется их совместное применение в законченных изделиях и усложняется взаимодействие с иными компонентами. Вследствие этого проявляются проблемы «сырости» (недостаточной зрелости) новых компонентов или комплекса, что приводит к несовместимости и ошибкам, проявляющиеся в реальных условиях на поздних стадиях производства и внедрения ПАК.

Цель исследования - снижение временных затрат на производства и внедрения на этапах жизненного цикла импортозамещенных высоконагруженных ПАК. Объект исследования - процессы управления жизненным циклом ПАК на этапах производства и внедрения. Предмет исследования - средства, направленные на повышение согласованности и

управляемости этими процессами. Новизна работы, разработка и пилотная проверка целевой модели управления жизненным циклом импортозамещенных высоконагруженных ПАК на этапах производства и внедрения. Модель сочетает в себе критерии готовности, артефакты и автоматизированные проверки, обеспечивающее сокращение длительности циклов и возвратов.

### **Методы и материалы исследования**

Исследование было выполнено на материалах реального производственно-внедренческого цикла предприятия, выпускающего импортозамещенные ПАК.

В качестве основы были взяты соответствующие международные и отечественные стандарты в области жизненного цикла систем и программного обеспечения. В соответствии с ГОСТ 57193 [1] приводится рамочная модель жизненного цикла и устанавливаются требования к документам по этапам и воздействиям на переходы между состояниями системы. Стандарт ISO 15288 [2] охватывает жизненный цикл систем, в том числе их разработку, эксплуатацию и поддержку. Он предусматривает возможность итеративного и параллельного выполнения процессов. А управление конфигурацией в настоящей работе опирается на положения стандарта ISO 10007 [3] по фиксации базовой линии, учету изменений и обеспечению прослеживаемости состава изделия, а также на принципы системной инженерии, в частности, трассируемости «требование, проверка, результат», планирования верификации и смещения контроля в сторону ранних этапов [4].

На первом этапе был проведен анализ текущих бизнес-процессов – интервью с сотрудниками, изучения внутренней документации, фиксирования ролей, контрольных точек, возвратов и артефактов на каждом этапе. По выявленным проблемам разработана целевая модель

процессов с применением подхода, который оставляет структуру процессов, но меняет конкретные участки, приводящие к потере времени.

Так как целевая модель явилась концептуально-теоретической частью работы, для проверки эффективности целевой модели была использована методологии единичного случая (case study) на пилотном цикле из четырех экземпляров программно-аппаратного комплекса. Для количественной оценки эффективности использован метод картирования потока создания ценности (Value Stream Mapping, VSM) [6] с расчетом коэффициента эффективности потока (Process Cycle Efficiency, PCE).

### **Результаты исследования**

Обзор ситуации выявил, что существенные потери времени, складываются в зонах разграничения ответственности между этапами, где отсутствует формализация критериев готовности к переходам, используются различные по структуре и полноте протоколы проверок, не ведется учет изменений конфигурации изделия. Возвраты, обусловленные поздним выявлением несоответствий, в среднем составляли 5,7 случаев на партию в производстве и 3,3 случаев на внедрении.

Предложена модель, в основе которой на каждой стадии создаются конечные артефакты, а переход между стадиями осуществляется согласно критериям готовности. Механизмы обнаружения несоответствий были введены на ранних этапах, что реализует принцип «сдвига влево» (shift left), широко применяемый в практике системной инженерии [4], [5]. Были реализованы проверки стандарта модуля, введен счетчик возвратов с эскалацией на руководство, аудит конфигурационных файлов, параллельный запуск приемки и подготовки конфигураций, тестирование с использованием диагностического профиля. В процессе внедрения производится проверка конфигурации с фактом на площадке, разовое прохождение smoke-теста, диагностика профиля площадки с

автоматическим сравнением с эталоном и приемо-сдаточные испытания (ПСИ) по унифицированному чек-листу и добавление проблем в реестр замечаний, чтобы учесть существующие сложности в будущем.

В рамках усовершенствованной модели были разработаны и внедрены шаблоны и артефакты: регламент управления конфигурацией на базе Ansible, система автоматизированной проверки параметров и фреймворк для массовой удаленной диагностики узлов.

Таблица 1 — Сравнительный анализ показателей AS-IS и TO-BE

Показатель	AS-IS (n=12)	TO-BE (n=4)	Изменение
Длит. произв. цикла, раб. дн./экз.	18,5	13,0	-30%
Длит. цикла внедрения, раб. дн./экз.	12,3	8,5	-31%
Возвраты на производстве, шт./партию	5,7	2,0	-65%
Возвраты на внедрении, шт./партию	3,3	1,0	-70%
Доля ПСИ с первой попытки, %	65	100	+35 п.п.
Доля ручных операций проверки, %	~70	~40	-30 п.п.
Полнота комплекта артефактов, %	~55	100	+45 п.п.

Результаты (таблица 1) показали, что модель работоспособна и обеспечивает существенное снижение временных затрат и количества возвратов по сравнению с исходным состоянием (AS-IS). Максимальный эффект от предложенной модели наблюдался по возвратам на предыдущие стадии - 65% на производстве и 70% на внедрении вследствие переноса на ранние этапы контроля и формализации критериев готовности.

Таблица 2 — Временная структура потока создания ценности

Параметр	Произв. AS-IS	Произв. TO-BE	Внедр. AS-IS	Внедр. TO-BE
Общее время, раб. дн.	18,5	13,0	12,3	8,5
Операционное время, раб. дн.	9,2	8,8	5,8	5,6
Время ожидания, раб. дн.	5,1	2,8	3,2	1,9
Время возвратов, раб. дн.	4,2	1,4	3,3	1,0
PCE, %	49,7	67,7	47,2	65,9

С помощью картирования потока создания ценности VSM (таблица 2) выяснилось, что главным результатом проведенных мероприятий стало устранение потерь в процессах - ожидание уменьшилось на 45%, возвраты,

на 67%, коэффициент процессного цикла (PCE) вырос примерно с 48% до 66%.

### **Заключение**

За счет целевой модели управления жизненным циклом ПАК, созданной для этапов производства и внедрения, получилось сократить время циклов на 30%, уменьшить количество возвратов на 65% и достичь почти 100% успешных приемо-сдаточных испытаний с первой попытки. Эффект достигается не за счет ускорения отдельных операций, а за счет вытеснения непроизводительных потерь, а именно, формализации критериев готовности этапа с проверкой, взаимозаменяемости артефактов и переноса контрольных операций на ранние этапы.

В настоящее время основные ограничения связаны с размером пилотной выборки (4 экземпляра ПАК) и проведенными испытаниями на двух типах изделий. Для повышения достоверности результатов планируется увеличить выборку до 15-25 экз. и отслеживать показатели в течение 6-12 мес. Основные направления развития лежат в применении модели в различных стадиях жизненного цикла, в глубокой автоматизации и формировании прогнозных моделей временного цикла.

### **Использованные источники**

1. ГОСТ Р 57193-2025 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М.: Стандартинформ, 2025. – 90 с.
2. ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering. System life cycle processes. – Geneva: ISO, 2023.
3. ISO 10007:2017 Quality management – Guidelines for configuration management. – Geneva: ISO, 2017.
4. Косяков А., Свит У.Н., Сеймур С.Дж., Бимер С.М. Системная инженерия. Принципы и практика. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 624 с.

5. Халл Э., Джексон К., Дик Дж. Инженерия требований. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 224 с.
6. Вумек Дж.П., Джонс Д.Т. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 472 с.