



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-28-4-18-27>

Оригинальная статья / Original paper

УДК 65.012.25+007.3

ПРОГРАММА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ

О. В. МЯСНИКОВА

Институт бизнеса Белорусского государственного университета (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 17.08.2022

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

Аннотация. Рассмотрена проблема управления процессами цифровой трансформации производственно-логистических систем. Описана методика создания комплексной программы цифровой трансформации систем. Представлены решения методологических аспектов создания программы преобразований на базе оптимального проектирования сложных систем, отличающиеся от существующих исследований. Определены порядок разработки программы и логическая последовательность принимаемых решений. Выявлена необходимость применения системного и непрерывного инжиниринга и методологии гибкого (Agile) проектирования при формировании программ и проектов цифровой трансформации производственно-логистической системы. Основными результатами исследования стали методические подходы к созданию программы цифровой трансформации. Представлен порядок разработки комплексной программы цифровой трансформации. Показаны этапы разработки и содержание работ по анализу, стратегическому и календарному планированию мероприятий комплексной программы цифровой трансформации производственно-логистической системы. Область применения предлагаемых решений – управление цифровой трансформацией и развитием производства, проектирование производственно-логистических систем.

Ключевые слова: цифровая трансформация, управление развитием, планирование, производственно-логистическая система, проектирование.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Мясникова О. В. Программа цифровой трансформации производственно-логистических систем: методические аспекты разработки. *Цифровая трансформация*. 2022; 28 (4): 18–27.

DIGITAL TRANSFORMATION PROGRAM OF PRODUCTION AND LOGISTICS SYSTEMS: METHODOLOGICAL ASPECTS OF CREATING

OLGA V. MIASNIKOVA

School of Business of Belarusian State University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 17.08.2022

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

Abstract. The paper is devoted to the problem of managing the processes of digital transformation of production and logistics systems. The objective of the article is to describe the methodology for creating a comprehensive program for digital transformation of systems. In contrast to existing studies, the article presents solutions to methodological aspects of creating a transformation program based on optimal design of complex systems. The order of program development and the logical sequence of decisions are determined. The necessity of applying system and continuous engineering as well as Agile design methodology in the formation of programs and projects of digital transformation of the production and logistics system is revealed. The main results of the study were methodological approaches to creating a digital transformation program. The paper describes the procedure for

developing a comprehensive digital transformation program. The stages of development and the content of work on the analysis, strategic and calendar planning of activities of the integrated program of digital transformation of the production and logistics system are shown. The scope of the proposed solutions: digital transformation management, production development management, design of production and logistics systems.

Keywords: digital transformation, development management, planning, production and logistics system, design.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Miasnikova O. V. Digital Transformation Program of Production and Logistics Systems: Methodological Aspects of Creating. *Digital Transformation*. 2022; 28 (4): 18–27.

Введение

В последние годы цифровая трансформация (ЦТ) становится центральной проблемой научных дискуссий [1–3]. Этот термин отражает новый поход к применению современных технологий в целях значительного повышения производительности труда и стоимости компаний, промышленных объединений и экономики в целом¹.

Существенное влияние ЦТ оказывает на развитие производственно-логистических систем (ПЛС). В [4, 5] определено, что ПЛС является сложной, динамичной, экономической, открытой, адаптивной системой с обратной связью. В пределах цикла производства ПЛС включает совокупность звеньев цепи создания ценности, придавая их связи относительную устойчивость. Звенья цепи взаимосвязаны в едином процессе управления материальными и сопутствующими им потоками, которые изменяются для обретения ими количественных и качественных характеристик в соответствии с требованиями потребителей.

Понятие «цифровая трансформация» рассматривается во взаимосвязи с процессами оцифровки (Digitisation) и цифровизации (Digitalisation). Цифровая трансформация ПЛС – это преобразование структур, форм и способов, целевой направленности деятельности ПЛС за счет освоения инновационных и цифровых технологий, результатом которого является создание цифровой ПЛС, где бизнес-модели, жизненные циклы и бизнес-процессы построены на первичности цифрового представления ее основных продуктов и услуг. Такой переход необходим для достижения максимального уровня актуальности данных, для быстрого эффективного клиентоориентированного реагирования.

ЦТ системы охватывает существенное переосмысление моделей ведения бизнеса, организационной культуры, товаров и услуг, процессов и операций, каналов коммуникаций при поставках и реализации продукции. ЦТ, опираясь на перенос данных из аналогового в машиночитаемый формат, позволяет использовать цифровые технологии в управлении процессами и потоками [5–7]. В [4–10] описана организационно-экономическая сущность цифровой трансформации ПЛС (ЦТ ПЛС) как процесса преобразования структур, форм и способов, целевой направленности деятельности ПЛС за счет освоения инновационных и цифровых технологий. Установлено, что создание цифровой ПЛС, где бизнес-модели, жизненные циклы и бизнес-процессы построены на первичности цифрового представления ее основных продуктов и услуг, становится результатом ЦТ системы. В связи с чем разработаны теоретико-концептуальные подходы к формированию ПЛС «Умного производства» как социо-киберфизической системы [8] и концепция ЦТ ПЛС [9].

Цифровое представление сперва производимой продукции, а затем и инфраструктуры и процессов в ПЛС дает возможность использовать новейшие подходы к управлению потоками материалов, информации и финансов с применением цифровых технологий, что закладывает основу для увеличения эффективности. Однако в отсутствие должных организационно-экономических преобразований и реорганизации структуры трансформируемых систем применение новейших технологий не даст высоких результатов. Технологии не в состоянии изменить бизнес, если не обеспечены организационной трансформацией. Изменение должно происходить постоянно и систематически, в связи с чем необходимо методически верно планировать и осуществлять ЦТ ПЛС. Это делает актуальным разработку методики создания комплексной программы ЦТ ПЛС.

¹ The Digital Transformation of Industry. Available: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf.

Сложности планирования преобразований ПЛС связаны с разнообразием цифровых технологий разной степени проработанности и зрелости от широкого круга IT-компаний при отсутствии единых стандартов бизнес-процессов производственной и логистической деятельности. Это приводит к тому, что под одним и тем же обозначением IT-системы от различных вендоров кроются разный состав решений и функционал. А ввиду отсутствия интероперабельности и согласованности IT-систем различных компаний, их интеграция становится зачастую невозможной.

Не решены проблемы методического обеспечения подготовки программ ЦТ ПЛС, отбора проектных решений и их интеграции. Все еще остаются вопросы адаптации программ к изменениям технологических решений и экономической среды, что вызывает необходимость исследований и разработок в этой области. На базе алгоритма реинжиниринга и инновационного развития сложных систем автором разработаны подходы к проектированию и оптимизации ПЛС [4, 5, 8, 9]. В развитие авторского подхода определена необходимость использования при создании комплексной программы ЦТ ПЛС методики системного и непрерывного инжиниринга в части разработки проектных решений по трансформации ПЛС.

Методика создания комплексной программы цифровой трансформации систем на базе оптимального проектирования сложных систем

Трансформация ПЛС достигается выполнением ряда действий, вызывающих целенаправленное закономерное изменение свойств, связей и внутренней упорядоченности элементов системы, иначе говоря, формы, структуры и организации ПЛС. Необходимо выбрать такой вариант ее архитектуры, который обеспечит наименьший разрыв между желаемым и реальным уровнем характеристик. В ходе построения выбранного архитектурного решения происходит освоение нововведений, повышающих степень, в которой ПЛС определена, управляема, измерима, контролируема и результативна, т. е. достигается требуемый уровень эффективности изменения входящих потоков в конечный результат [5]. Работы по преобразованию системы можно объединить в следующие блоки:

- 1) обеспечить знаниями о технологиях – включает повышение степени осведомленности работников о цифровых инструментах, обучение сотрудников, обмен лучшими практиками;
- 2) сформулировать стратегическое видение применения цифровых технологий – предусматривает разработку стратегии цифровизации, создание экосистемы партнеров;
- 3) организовать работу цифровых лабораторий и начать реализацию цифровых проектов – требует вложений в перспективные стартапы и инновационные проекты;
- 4) освоить прототипы и типовые цифровые решения – охватывает создание и отработку прототипов, внедрение изменений в пределах небольших зон, испытание новых сфер применения технологий, организацию демонстрационного зала, распространение инициатив;
- 5) осуществить цифровую трансформацию системы – предусматривает цифровизацию процессов, опережающее управление инновациями, создание новой экосистемы.

Очевидна необходимость разработки и осуществления комплексной программы ЦТ ПЛС. Состав ее блоков укрупненно показан на рис. 1.

Стратегическое видение ЦТ ПЛС предусматривает выбор бизнес-модели функционирования ПЛС, установление системы целей и показателей оценки эффективности, выбор направлений ЦТ. В ходе подготовки программы ЦТ стратегические направления конкретизируются и детализируются по инициативам, проектам и мероприятиям.

Создается набор мероприятий, которые должны быть согласованы по последовательности и времени осуществления, ресурсам и инфраструктурному обеспечению, что находит отражение в дорожной карте ЦТ. Формируется исполнительный механизм ЦТ, решающий задачи создания органа управления ЦТ (штаб, офис, отдел), определения его роли и полномочий, ответственности и бюджета, а также создания системы управления результативностью ЦТ, включая механизмы расчета целевых показателей и отчетов по ходу исполнения программы, ее корректировки, вознаграждения и санкций по итогам этапов ЦТ. Механизм ЦТ включает ресурсное и инфраструктурное обеспечение.

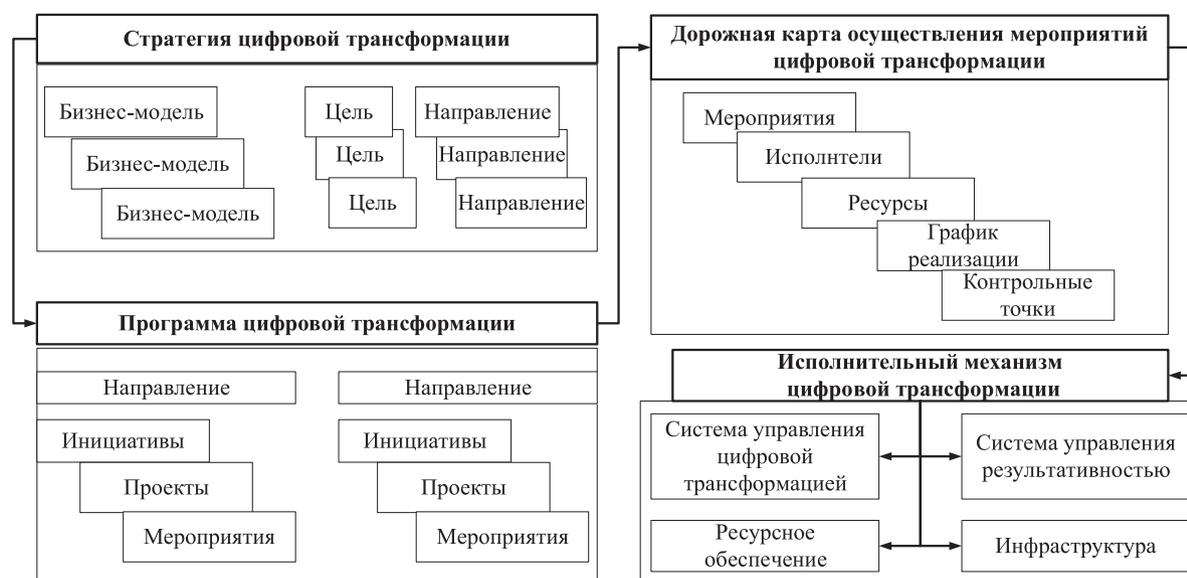


Рис. 1. Состав комплексной программы цифровой трансформации
производственно-логистической системы
(Собственная разработка)

Fig. 1. Composition of a comprehensive program for the digital transformation
of the production and logistics system
(The author's own development)

Порядок разработки программы и логическая последовательность принимаемых решений

Разработка программы комплексной цифровой трансформации ПЛС и ее осуществление предусматривают принятие ряда управленческих решений, связанных с:

- 1) формированием желаемого цифрового представления системы, формулировкой целей и задач ЦТ, выбором и детализацией новой бизнес-модели;
- 2) генерацией идей, их ранжированием и отбором, установлением возможностей и ограничений, оценкой зрелости цифровых решений ПЛС, выделением направлений ЦТ;
- 3) планированием ЦТ, определением структур и процессов, необходимых для управления инновациями, организацией освоения цифровых решений, запуском инициатив, проектов, мероприятий идей, созданием экосистемы ЦТ ПЛС и ее исполнительного механизма;
- 4) осуществлением мероприятий из дорожной карты ЦТ, тестированием результатов на пилотных проектах с получением обратной связи от исполнителей производственных задач;
- 5) распространением цифровых инновационных решений.

Исходя из сказанного выше, опишем порядок разработки комплексной программы ЦТ ПЛС (рис. 2).

Этап «Анализ» позволяет сформулировать видение положения и роли ПЛС организации на рынке и в отрасли, установить потребности занять определенную свободную нишу и осуществлять работу согласно бизнес-модели, а на этой основе определить требования к внедрению цифровых решений. Процедуры скаутинга релевантных инновационных решений и цифровых технологий дополняются анализом направлений и макроэкономических условий реализации национальных программ цифрового развития экономики. Аудит бизнес-процессов компании позволяет определить уровень цифровой зрелости или уровень цифровизации, который становится ограничивающим фактором наряду с рисками и угрозами в применении тех или иных цифровых решений в части их интероперабельности и совместимости с имеющимися технологиями и базовыми условиями функционирования ПЛС.

Этап синтеза начинается с разработки стратегических компонент программы ЦТ. Устанавливается, какая бизнес-модель будет применяться, например, цифровая платформа, краудсорсинговая модель, модель использования ресурсов вместо владения ими (сервисная, ****-as-a-Service), модель ценообразования на базе достижения результатов и эффекта для клиента (outcome-based

models), модель монетизации персональных данных клиентов, модель замкнутого цикла, обеспечивающая циркулярную систему производства и потребления².

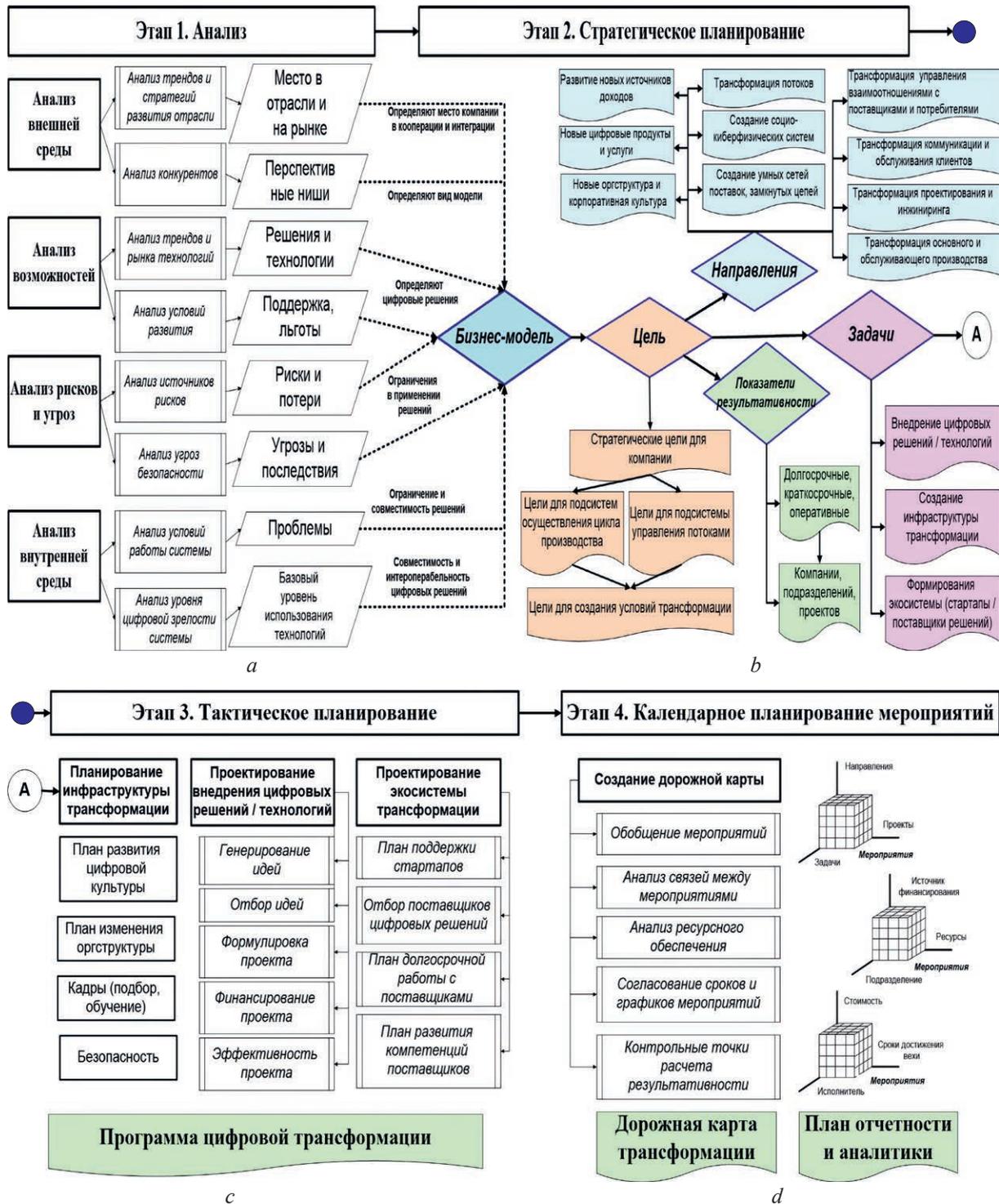


Рис. 2. Порядок разработки комплексной программы цифровой трансформации производственно-логистической системы: a, b – начало; c, d – окончание (Собственная разработка)

Fig. 2. Procedure for developing a comprehensive program of the production-logistics system digital transformation: a, b – part 1; c, d – part 2 (The author's own development)

² Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9–12 апр. 2019 г. / Г. И. Абдрахманова [и др.]; науч. ред. Л. М. Гохберг. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019.

Цели ЦТ ПЛС и показатели результативности формируются как многоуровневая система. На высшем уровне они вытекают исходя из влияния ЦТ на достижения стратегические цели компании – роста рыночной доли, прироста чистой прибыли, роста выручки и стоимости активов. На втором уровне цели и показатели конкретизируются по направлениям – ЦТ производственной и управленческой подсистем и сферам деятельности, а на третьем устанавливаются цели и результативность изменения общих условий для ЦТ. Декомпозиция показателей результативности предусматривает выстраивание системы временных интервалов планирования и оценки, а также установление целей и операционных показателей эффективности для подразделений каждого уровня ответственности, методики расчета планового и фактического уровня и их сравнения.

Исходя из приоритетности задач стратегического развития и потенциального вклада в достижение целей, выбираются направления ЦТ, конкретизируются задачи по блокам создания цифровой инфраструктуры, внедрения технологий, формирования экосистемы разработки цифровых решений. В свою очередь, на этапе 3 формируется пул конкретных проектов программы ЦТ, включая описание для каждой решаемой задачи, внедряемой цифровой технологии, мероприятий, этапов/вех реализации проекта и сроков их достижения, ответственного подразделения, исполнителей, целевых операционных показателей результативности и экономической эффективности.

Создание «Дорожной карты» (этап 4) позволяет согласовать по времени и ресурсам мероприятия и установить систему отчетности и аналитики программы.

Управление программой ЦТ ПЛС и отдельными проектами должно выполняться в интегрированной информационной системе и обеспечивать работу офиса трансформации и исполнителей в едином информационном пространстве. Эффективная координация возможна за счет интеграции «сквозных» систем автоматизированного инженерного анализа CAE (Computer-aided engineering), проектирования CAD (Computer-aided design); технологической подготовки производства CAM (Computer-aided manufacturing) вместе с системами планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise resource planning); технологической подготовки CAP (Computer-aided planing); проектирования (планирования) технологических процессов CAPP (Computer-aided process planning) и оформления технологической документации, а также за счет систем планирования и управления производством PPS (Production planning systems), управления производственными процессами MES (Manufacturing execution system) [5]. Они автоматизируют всю совокупность инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий. Для эффективной работы необходим обмен данными в режиме реального времени с сохранением промежуточных решений архитектуры системы. Также важными элементами являются обратная связь от пользователей и анализ отчета об использовании новой технологии, который ложится в основу для формирования следующих проектных решений с возможностью «отката назад» при недостижении должной удовлетворенности пользователя. Это приводит к необходимости разработки проектных решений на базе использования системного и непрерывного инжиниринга и методологии Lean и Agile (бережливый и гибкий).

Применение системного и непрерывного инжиниринга и методологии Lean + Agile при разработке проектных решений по цифровой трансформации производственно-логистических систем

Анализ ряда источников позволяет утверждать, что основной проектной методологией, подходом к созданию сложных систем, к которым относятся и ПЛС, должен выступать системный инжиниринг (СИ). Методология за счет архитектурного подхода к дизайну системы позволяет на всех стадиях проектирования создавать гарантию приемлемости рисков применения системы, проектируя ее мониторинг и тестирование одновременно с инжинирингом требований, что заложено в так называемой V-модели [11]. Инжиниринг требований базируется на мониторинге и глубоком анализе потребностей пользователей создаваемой системы на протяжении всего ее жизненного цикла, а также на установлении на этой основе функциональных требований к системе. Жизненный цикл включает концептуальное проектирование, разработку, создание (изготовление), испытание, эксплуатацию и утилизацию системы. Системный инжиниринг первоочередное внимание уделяет именно описанию архитектуры системы (Architectural description), где акцент делается на взаимосвязи между заинтересованными сторонами (лицами) (Stakeholders), интересами (Concerns) заинтересованных сторон, представлениями (Views), отражающими связанные

с системой интересы, точками зрения (Viewpoints), отражающими соглашения для разработки и использования представлений, между моделями (Models) [5].

В ходе разработки проектных решений следует опираться на специфичные процессы СИ, которые в [12] выделил В. А. Сычев:

- анализ требований: оценка исходных потребностей и переход к требованиям системы;
- функциональный анализ: идентификация функциональности, необходимой для достижения требований системы, и размещение требований по этим функциям;
- синтез: разработка проектов системы и решений по компонентам системы для удовлетворения установленных требований;
- системный анализ и контроль: анализ, документирование, оценка результатов и другие мероприятия для их согласования и уточнения, а также управление коммуникациями между исполнителями;
- верификация: выполняемые мероприятия и элементы системы, необходимые для оценки прогресса и эффективности разрабатываемых системных продуктов и процессов, для измерения соответствия спецификации.

Управление сложными задачами по разработке систем становится возможным благодаря непрерывному инжинирингу. Эта методология является новой философией разработки сложных технических систем и позволяет быстрее адаптироваться к ускорению темпов изменений за счет повторного использования ранее разработанных систем и элементов, предоставления совместного доступа к проектной документации в смежных областях и постоянной верификации как требований, так и проектных решений.

Для определения единой процедуры разработки сложных систем используется V-модель, которая направлена на упрощение понимания задач, связанных с разработкой составных частей систем, подсистем, компонентов [13]. В проекте с течением времени детализация решений возрастает при движении слева направо, а итерации выполняются по горизонтали между левой и правой сторонами буквы V (рис. 3). Внутри V-образной модели проводятся горизонтальные линии, показывающие, насколько результаты каждой из стадий разработки влияют на развитие системы тестирования.



Рис. 3. V-модель системной инженерии [3, с. 63]
Fig. 3. Systems Engineering V-Model [3, p. 63]

Охват жизненного цикла системы с момента ее проектирования, материализации и до момента ликвидации должен быть обеспечен технологией цифровых двойников, сущность которой подробно изложена в [3, 13]. Цифровой двойник системы, как ее виртуальная модель, которая развивается на всех этапах, представляет собой матрицу требований/целевых показателей и ресурсных (временных, финансовых, технологических, производственных, экологических и т. д.) ограничений. Профессор А. И. Боровков указывает, что данная матрица «предназначена для рациональной «балансировки» большого количества целевых характеристик как объекта в целом, так и его компонентов в отдельности, которые, как правило, конфликтуют между собой как на одном этапе, так и на разных стадиях жизненного цикла» [13].

Интеграция V-образной модели с методологией системной инженерии на основе моделей MBSE (Model-based system engineering) позволяет использовать ее цифровой двойник для валидации процесса создания системы при переходе с одного этапа на другой. Использование цифровых двойников дает возможность верифицировать работоспособность системы на базе испытаний ее виртуальной модели, не дожидаясь ее физического создания, а также оптимизировать ее параметры так, чтобы они соответствовали запросам потребителя системы и вписывались в имеющиеся ресурсные ограничения.

Проведенные исследования позволяют говорить о необходимости применения в ходе проектирования ПЛС методологии принятия решений, ориентированной на концепцию ликвидации потерь с целью достижения максимальной эффективности, которая приобрела массовую привлекательность [14]. Гибкий итеративно-инкрементальный подход к управлению проектами ориентирован на целевую аудиторию пользователей, динамическое формирование требований и обеспечение их реализации в результате постоянного взаимодействия внутри самоорганизующихся рабочих групп. Использование подхода Lean + Agile нацеливает на синхронизацию проектных работ в условиях неопределенности, что предусматривает активную разработку, параллельное проектирование и всеобщее обучение при тонком управлении и организации быстрой передачи знаний. В процессе создания ПЛС возможно применение сложных систем методик бережливых подходов Lean startup, Lean innovation и Lean product development (бережливые стартапы, инновации и разработка продукта). Однако процесс проектирования, создания или обновления ПЛС, в том числе за счет цифровизации ее процессов и элементов, должен быть не только бережливым, но и гибким (Agile). Разработку проектных решений по ЦТ ПЛС можно разделить на шесть последовательных этапов с обратной связью, как показано на рис. 4.

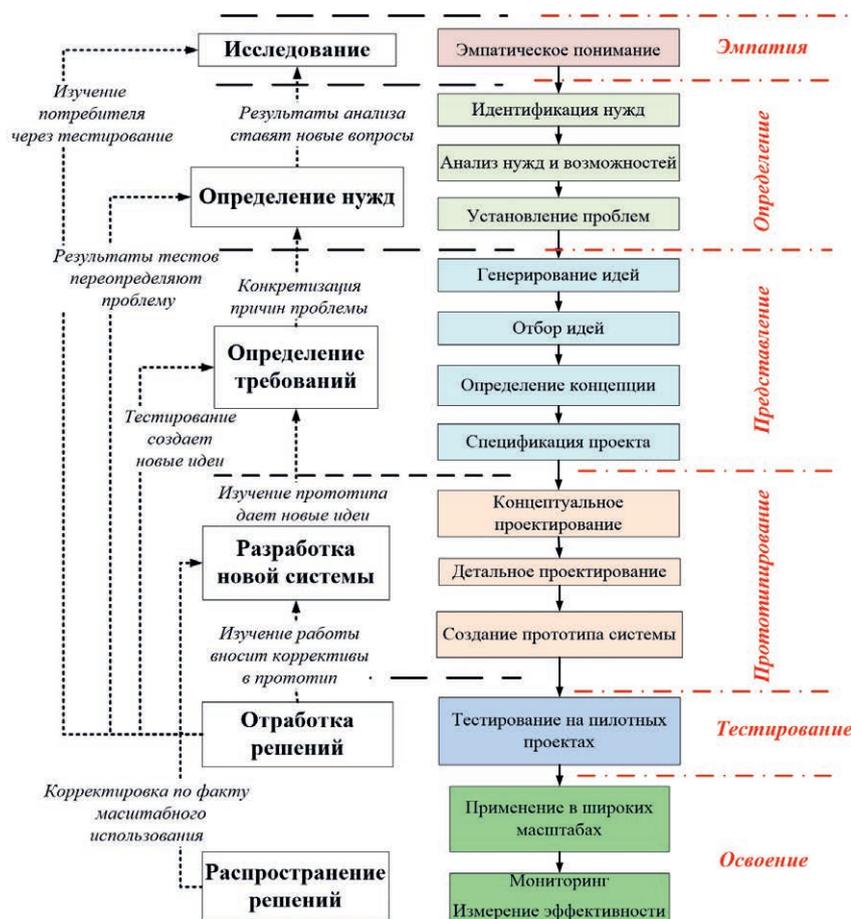


Рис. 4. Основные этапы разработки проектных решений по цифровой трансформации производственно-логистической системы (Собственная разработка [5])

Fig. 4. The main stages of the design solutions development for the digital transformation of the production and logistics system (The author's own development [5])

Определено, что подход Lean + Agile должен включать в себя наиболее эффективные методы и технологии управления, такие как эффективное управление воронками инноваций (Effective pipeline management), вытягивающее планирование (Pull scheduling), бережливый процесс пересмотра требований к инновациям на каждом этапе (Lean gate review process), минимизация мультизадачности (Minimize multitasking), планирование проектов, основанное на командной работе (Team-based project planning), управление проектами, основанное на концепции критической цепочки (Critical chain project management), проактивное управление рисками (Proactive risk management) [5]. Этот подход позволяет вести разработку короткими циклами, после каждого этапа осуществлять возврат на предыдущий для изменений. Элементы и прототипы системы быстро тестируются в реальных условиях на тестовых площадках (цифровых песочницах) с сохранением понравившейся версии системы и внесением новых требований в проект.

Заключение

1. Раскрыто содержание комплексной программы цифровой трансформации производственно-логистических систем. С позиций системного инжиниринга представлены этапы разработки комплексной программы, выделены основные процессы и документы. Применение предлагаемой программы позволит осуществлять разработку стратегических и тактических планов трансформации, управление отдельными проектами и их совокупностью.

2. Функциями управления цифровой трансформации производственно-логистических систем являются проектирование, организация, осуществление изменений, освоение новых технологий в промышленных масштабах и оценка достигнутых значений целевых показателей. Предложен алгоритм разработки проектных решений по цифровой трансформации производственно-логистической системы, который отличается применением гибкого (Agile) и бережливого (Lean) подходов, механизма непрерывного инжиниринга, процедур верификации решений и валидации процесса создания системы при переходе с одного этапа на другой с применением цифровых двойников систем.

Список литературы

1. Ковалев, М. М. Цифровая экономика – шанс для Беларуси / М. М. Ковалев, Г. Г. Головенчик. Минск: Изд. центр БГУ, 2018.
2. Данильченко, А. В. Цифровая трансформация обрабатывающей промышленности Республики Беларусь: тенденции и перспективы развития / А. В. Данильченко, И. А. Зубрицкая, К. В. Якушенко. Минск: Право и экономика, 2019.
3. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров. М.: АльянсПринт, 2019. <https://dfnc.ru/wp-content/uploads/2020/09/Kniga-TSfirovoj-dvojn timer.pdf>.
4. Мясникова, О. В. Развитие логистических систем в условиях цифровой трансформации бизнеса / О. В. Мясникова. Минск: Колоград, 2019.
5. Мясникова, О. В. Развитие производственно-логистических систем: теория, методология и механизмы цифровой трансформации / О. В. Мясникова. Минск: Институт бизнеса БГУ, 2021.
6. Мясникова, О. В. Цифровая трансформация в решении задач развития производственно-логистических систем / О. В. Мясникова // Бизнес. Инновации. Экономика. 2019. № 3. С. 196–201.
7. Мясникова, О. В. Развитие производственно-логистических систем: возможности, угрозы и препятствия цифровой трансформации / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. 2019. Т. 5, № 1. С. 31–36.
8. Мясникова, О. В. Теоретико-концептуальные подходы к формированию производственно-логистической системы «Умного производства» как социо-киберфизической системы / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. 2020. Т. 7, № 1. С. 29–35.
9. Мясникова, О. В. Концепция цифровой трансформации производственно-логистических систем в условиях перехода к цифровой экономике / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. 2020. Т. 8, № 2. С. 46–52.
10. Мясникова, О. В. Принципы формирования производственно-логистических систем в условиях цифровой трансформации экономики / О. В. Мясникова // Бизнес. Инновации. Экономика. 2020. № 4. С. 178–185.
11. Круглов, М. Г. Анализ архитектуры (принципов построения) системы управления жизненным циклом военной продукции в США [Электронный ресурс] / М. Г. Круглов. Режим доступа: https://www.centriprioritet.ru/images/stories/25Conf/17_02_Kruglov.pdf. Дата доступа: 20.04.2018.
12. Сычев, В. А. Процессы и стандарты системного инжиниринга / В. А. Сычев // Интернаука. 2018. Т. 62, № 28. С. 32–35.

13. Боровков, А. И. Цифровые двойники и цифровые тени в высокотехнологичной промышленности [Электронный ресурс] / А. И. Боровков. Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/197616357>. Дата доступа: 28.05.2020.
14. Cooper, B. What is Lean Innovation? Components and Examples [Electronic Resource]. Mode of access: <https://movestheneedle.com/lean-innovation/what-is-lean-innovation-components-and-examples/>. Date of access: 28.09.2018.

References

1. Kovalev M. M., Golovenchik G. G. (2018) *The Digital Economy is a Chance for Belarus*. Minsk, Publishing Center of the Belarusian State University (in Russian).
2. Danilchenko A. V., Zubritskaya I. A., Yakushenko K. V. (2019) *Digital Transformation of the Manufacturing Industry of the Republic of Belarus: Trends and Prospects for Development*. Minsk, Law and Economics Publ. (in Russian).
3. Prokhorov A. (2019) *Digital Transformation. Analysis, Trends, World Experience*. Moscow, AlliancePrint Publ. <https://dfnc.ru/wp-content/uploads/2020/09/Kniga-TSfirovoj-dvojniki.pdf> (in Russian).
4. Miasnikova O. V. (2019) *The Logistics Systems Development in Times of Business Digital Transformation*. Minsk, Kolograd (in Russian).
5. Miasnikova O. V. (2021) *Development of Production and Logistics Systems: Theory, Methodology and Mechanisms of Digital Transformation*. Minsk, School of Business of Belarusian State University (in Russian).
6. Miasnikova O. V. (2019) Digital Transformation in the Solution of Development Problems of Production and Logistics Systems. *Business. Innovations. Economics*. (3), 196–201 (in Russian).
7. Miasnikova O. V. (2019) The Development of Production and Logistics Systems: Opportunities, Threats and Obstacles to Digital Transformation. *Economics. Management. Innovations*. 5 (1), 31–36 (in Russian).
8. Miasnikova O. V. (2020) Theoretical and Conceptual Approaches to the Formation of the Production-Logistics System of Smart Manufacturing as a Sociocyberphysical System. *Economics. Management. Innovations*. 7 (1), 29–35 (in Russian).
9. Miasnikova O. V. (2020) The Concept of Production-Logistics Systems Formation in Transition to Digital Economy. *Economics. Management. Innovations*. 8 (2), 46–52 (in Russian).
10. Miasnikova O. V. (2020) Principles of Production and Logistics Systems Forming in the Conditions of Economy Digital Transformation. *Business. Innovations. Economics*. (4), 178–185 (in Russian).
11. Kruglov M. G. (2018) *Analysis of Architecture (Principles of Construction) of the System of Management of the Life Cycle of Military Products in the USA*. Available: <http://docplayer.ru/51589099-Analiz-arhitektury-principov-postroeniya-sistemy-upravleniya-zhiznennym-ciklom-voennoy-produkcii-v-ssha.html> (Accessed 20 April 2018) (in Russian).
12. Sychev V. A. (2018) Processes and Standards of System Engineering. *Interscience*. 28 (62), 32–35 (in Russian).
13. Borovkov A. I. (2020) *Digital Twins and Digital Shadows in a High-Tech Industry*. Available: <https://4science.ru/articles/Cifrovie-dvojniki-i-cifrovie-teni-visokotekhnologichnoi-promishlennosti> (Accessed 28 May 2020) (in Russian).
14. Cooper B. (2018) *What is Lean Innovation? Components and Examples*. Available: <https://www.moves-theneedle.com/all-blog/2018/8/14/what-is-lean-innovation-components-and-examples> (Accessed 28 September 2018).

Сведения об авторе

Мясникова О. В., к. э. н., доцент, доцент кафедры логистики Институт бизнеса Белорусского государственного университета.

Адрес для корреспонденции

220004, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Обойная, 7
Институт бизнеса
Белорусского государственного университета
E-mail: miasnikovaov1@gmail.com
Мясникова Ольга Вячеславовна

Information about the author

Miasnikova O. V., Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Logistics of School of Business of Belarusian State University.

Address for correspondence

220004, Republic of Belarus,
Minsk, Oboynaya St., 7
School of Business
of Belarusian State University
E-mail: miasnikovaov1@gmail.com
Miasnikova Olga Vyacheslavovna