

Полный жизненный цикл как основа построения системы управления продукцией высокотехнологичных производств

Full life cycle as the basis for building a system of management of products of high -tech production

УДК 338.45

Получено: 14.03.2023

Одобрено: 06.04.2023

Опубликовано: 25.04.2023

Семенов А.И.

Соискатель кафедры ТМиБТ, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Москва
e-mail: semenov@vniiftri.ru

Semenov A.I.

Candidate of the TМиБТ Department, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow
e-mail: semenov@vniiftri.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы организации полного жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств. Определены его стадии, и сделан обзор исследований данной предметной области. Предложена модель контуров жизненного цикла высокотехнологичной продукции, которая позволяет организовать взаимодействие участников и объединить их деятельность под единым управлением. Выделена роль головной организации, отвечающей за развитие предметной области продукции высокотехнологичных производств. Для головной организации обоснован проектно-матричный подход к управлению, позволяющий создать гибкую адаптивную организационную структуру.

Ключевые слова: полный жизненный цикл, высокотехнологичная продукция, проектное управление, матричная структура управления, технологичная платформа.

Abstract

The article deals with the organization of the complete product life cycle of high-tech industries. Its stages are defined and a review of research in this subject area is made. The article proposes a model of the contours of the life cycle of high-tech products, which allows organizing the interaction of participants and combining their activities under unified management. The role of the leading organization, responsible for the development of the subject area of high-tech production products, is highlighted. The design-matrix approach to management is justified for the parent organization, which allows you to create a flexible adaptive organizational structure.

Keywords: full life cycle, high-tech products, project management, matrix management structure, technology platform.

Постановка проблемы.

До настоящего времени остается нерешенной задача обеспечения технологической и производственной независимости России в сфере высокотехнологичной продукции. При этом сохраняются импортные поставки элементарно-компонентной базы (ЭКБ), доступ к которой сокращается в виду санкций, применяемых к Российской Федерации. Государством ставится

задача возрождения как российской ЭКБ, так и отечественных средств измерений, решение которой подведомственно предприятиям и организациям Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Для достижения технологической независимости России необходима перестройка взаимодействия предприятий высокотехнологичных секторов экономики и их вывода на траекторию устойчивого экономического роста. Данная задача в настоящее время может быть решена на основе перехода к управлению полным жизненным циклом продукции высокотехнологичных предприятий. Повышение уровня готовности предприятий к разработке, серийному выпуску и проведению капитального ремонта образцов измерительной техники позволит оптимизировать объемы и сроки выполнения НИОКР, поставок серийных образцов, капитального ремонта и вывод их из эксплуатации в интересах высокотехнологичных секторов экономики.

Результаты

Высокотехнологичной продукцией по методике Министерства промышленности и торговли Российской Федерации считается продукция, производимая на предприятиях определенных видов деятельности: судостроение, авиастроение, автомобилестроение, ремонт машин и оборудования, их монтаж (электронного, оптического, двигателей, насосов, станков и др.), производство машин и оборудования отдельных типов (строительных, пищевых, табачных), инженерные изыскания и технические консультации, деятельность заказчика-застройщика, генерального подрядчика, деятельность в области дизайна, производство велосипедов, инвалидных колясок и мотоциклов [18].

Помимо Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, другие ведомства, например, МЧС России, ФМС России, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство транспорта Российской Федерации, Министерство образования и науки Российской Федерации, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Министерство энергетики Российской Федерации и др. – самостоятельно определяют свой тип продукции высокотехнологичных производств [15].

Управление полным жизненным циклом продукции в сфере высоких технологий выходит за границы отдельной организации и требует организации взаимодействия организаций-участниц в едином информационном пространстве. Такой подход отличается от традиционного подхода к управлению сокращенными жизненными циклами традиционных продуктов, которые обычно рассматриваются в рамках отдельных организаций и включают последовательность этапов создания ценности: маркетинг, проектирование и разработка, закупки, подготовка производства, производство, контроль и испытания, упаковка и хранение, поставка, монтаж, послепродажное обслуживание, утилизация после использования [5].

Связано это с тем, что в рамках одной организации трудно преодолеть разорванность процессов и работ, связанных с применением высокотехнологичных изделий в практической деятельности. Объединение разнопрофильных участников полного жизненного цикла сложных высокотехнологичных изделий под единым управлением позволяет за счет координации планов деятельности решать стратегические задачи ускорения обновления технического уровня пользователей этих изделий и нацелить разработчиков на сопровождение и поддержку высокотехнологичных изделий.

Такие решения активно развиваются в управлении развитием систем вооружения [6, 23]. Вместе с тем, в гражданском сегменте высокотехнологичных изделий создание интегрированных систем управления полным жизненным циклом отсутствует или является незавершенным. Этот вывод подтверждает содержание национального стандарта РФ ГОСТ 53791-2010 «Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения» [1], в котором названы стадии жизненного цикла, но не определены участники и не раскрыто их взаимодействие.

Под полным жизненным циклом высокотехнологичного изделия в диссертационном исследовании понимается совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от её замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации [1]. Полный жизненный цикл высокотехнологичного изделия включает несколько стадий, выделяемых по признакам характерных для неё явлений, процессов (работ) и конечных результатов [1]. При этом важно, что применительно к высокотехнологичным изделиям применяется система определения понятий, определенных в целой серии ГОСТ [2, 3, 4].

К основным стадиям жизненного цикла укрупненно относят [24]: 1) научные исследования, 2) проектирование, 3) производство, 4) эксплуатация, 5) утилизация. Важно отметить, что традиционный подход к детализации основных стадий жизненного цикла состоит в выделении составляющих компонент [1]:

1. Стадия проектирования: маркетинговые исследования; проектирование; испытания.

2. Стадия производства: конструкторская и технологическая подготовка производства.

3. Стадия эксплуатации: монтаж, настройка, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт.

4. Стадия утилизации: послепродажное сопровождение, утилизация или дальнейшая переработка [21].

Ряд авторов рассматривают отдельные инфраструктурные аспекты поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции, например, обеспечение надежности и качества послепродажного этапа обслуживания изделий [22], инженерная логистика [13] или математическое моделирование трендов жизненного цикла продуктов, например, с использованием генетического алгоритма и авторегрессии по скользящему среднему (ARMA-моделей) [19].

Одним из ключевых понятий, связанных с жизненным циклом изделия сложной наукоемкой продукции высокотехнологичных предприятий, является Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла [21].

Наиболее активно в настоящее время в наукоёмкой сфере используется методология управления жизненным циклом изделий предприятиями оборонно-промышленного комплекса. Это обусловлено высоким уровнем наукоёмкости продукции, а также активной политикой импортозамещения и диверсификацией производства [17]. При этом исследователи отмечают, что основной трудностью входа на рынок с новой продукцией для таких предприятий является то, что предприятиям требуется значительная перестройка социальной среды организаций, в частности, корпоративной культуры и работы с человеческими ресурсами предприятий [11, с. 32-44].

Часто среди аспектов жизненного цикла наукоёмкой продукции выделяют маркетинг [8] с акцентом на вариантах совмещения кривых жизненного и рыночного циклов изделий. Соглашаясь с позицией автора о том, что к моменту выхода на рынок наукоёмкой продукции тщательно спланированные маркетинговые мероприятия послужат основой управления портфелем продукции [8, с. 59], следует отметить, что мероприятия в дальнейшем также требуют эффективной организации взаимодействия участников, что выходит за рамки предметной области маркетинга и требует организации управления с присущими ей инструментами. Кроме того, обеспечить конкурентоспособность высокотехнологичных производств с учетом расхода ресурсов и эффективной политики ценообразования возможно лишь в едином цифровом пространстве управления стадиями жизненного цикла высокотехнологичных изделий.

Поскольку в жизненном цикле высокотехнологичных изделий ведущую роль играет этап научных исследований (НИОКР), который в значительной степени определяет специфику, продолжительность и качество последующих стадий жизненного цикла [21], то управление жизненным циклом наукоемкой продукции становится предметом многочисленных исследований. Так, например, рассматривается влияние информационных технологий [10, 12], производственных технологий [14], оценки качества [9], проектирования сложных наукоемких изделий [7] и др.

Значительное место в исследованиях жизненного цикла высокотехнологичной продукции уделяется технологиям PLM (Product Lifecycle Management), объединяющим методы и средства информационной поддержки изделий на всех этапах их жизненного цикла на основе единых принципах построения автоматизированных систем [21, 16, 20].

Анализ исследований в предметной области «жизненный цикл продукции» показывает, что исследования сосредоточены на методологии последовательных стадий развития продуктов и жизненных циклов компаний в сравнительно стабильной внешней среде. Вместе с тем турбулентность внешней среды организаций в настоящее время существенно возросла, что требует осмысления трансформации жизненных циклов продуктов и компаний в среде новых цифровых платформ, на основе которых организации интегрируются в экосистему.

Таким образом, сложившаяся система взаимодействия предприятий высокотехнологичных отраслей экономики ограничена оценкой отдельных стадий жизненного цикла изделия без комплексного рассмотрения показателей, характеризующих НИОКР, производство, технологическую подготовку производства, строительство объектов экспериментально-испытательной и производственной баз и т.д., в том числе с учетом состояния работ на начало планируемого периода выполнения действующих планов и прогнозов их выполнения [21].

Необходимость системного подхода к управлению взаимодействием участников полного жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств приводят к модели контуров жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств. Суть модели заключается в интеграции организационно-экономических аспектов управления полным жизненным циклом продукции высокотехнологичных производств в рамках технологических платформ. Авторский подход заключается в том, что рассмотрение механизма взаимодействия участников, начинается с оценки перспектив развития предметной области, продолжается в процессах выполнения фундаментальных и прикладных НИР, а также на стадии эксплуатации изделий и завершается выводом изделий из эксплуатации (табл. 1, рис. 1).

Механизм перехода к структурам программно-целевого типа широко описан в специальной литературе. Вместе с тем недостаточно полно обосновывается построение линейных и функциональных связей в условиях интеграции управления этапами жизненного цикла изделий, в результате которого появляется новый специфический объект управления – полный жизненный цикл. Традиционно ЛФС формируется как самостоятельные структуры для каждого этапа полного жизненного цикла.

Модель контуров жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств

Контур	Состав подсистем	Результаты
НИОКР и инноваций	Форсайт и фундаментальные исследования. Прикладные разработки и заказы.	Опытные образцы перспективных изделий.
Коммерциализация	Малая серия. Создание промышленного производства.	Результаты интеллектуальной деятельности
Обслуживание и сервис	Проверка, настройка и обслуживание. Улучшение существующих параметров.	Модернизация
Вывод из эксплуатации	Вывод из эксплуатации. Вторичная переработка и утилизация.	Подготовка к выводу из эксплуатации.

Источник: разработано автором

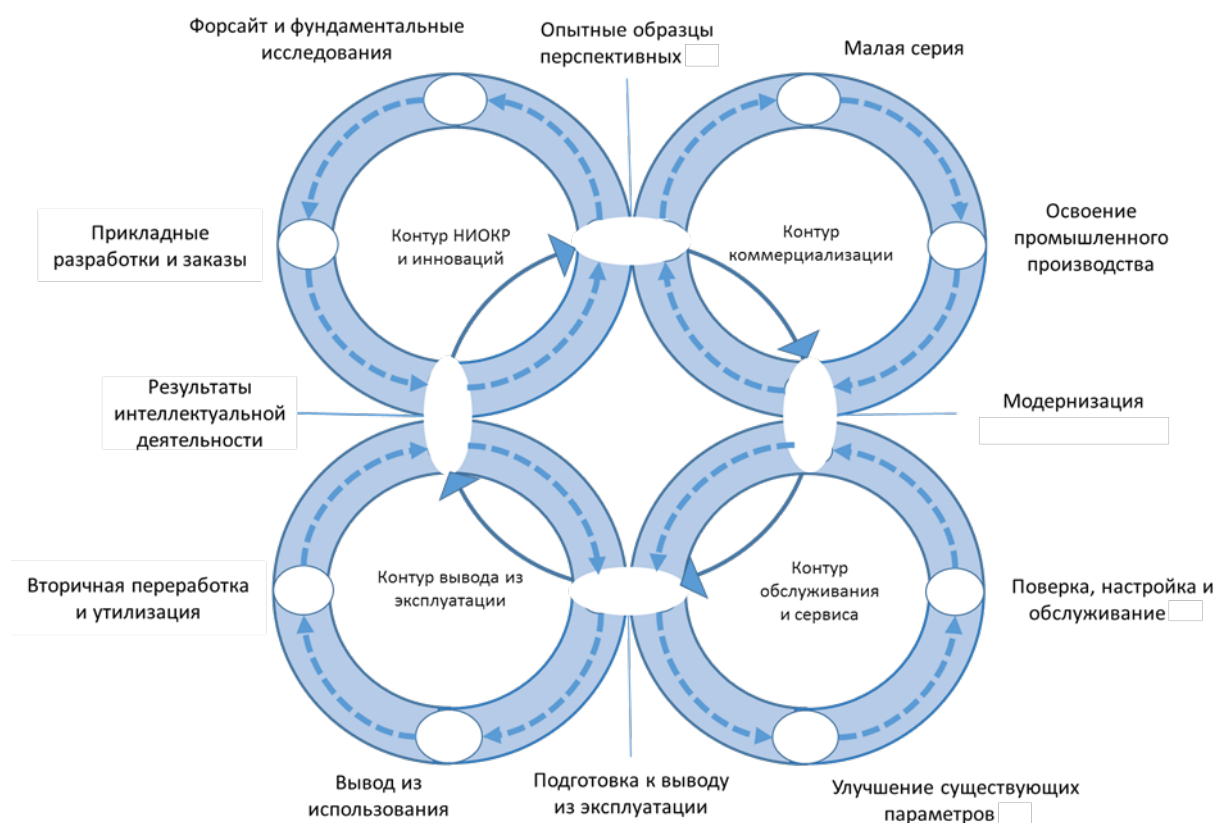


Рис. 1. Модель контуров жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств
Источник: разработано автором

Такой подход оправдывал себя в стабильной экономике, совмещающей значительное дублирование работ, оправданное небольшим количеством сменяющих друг друга дорогостоящих и долговременных проектов.

Модель контуров жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств включает 4 контура – НИОКР и инноваций, коммерциализации, обслуживания и сервиса, вывода из эксплуатации.

Каждый контур включает подсистемы: форсайт и фундаментальные исследования;

прикладные разработки и заказы; малая серия; создание промышленного производства; проверка, настройка и обслуживание; улучшение существующих параметров; вывод из эксплуатации; вторичная переработка и утилизация. Кроме того, контуры имеют последовательность результатов: опытные образцы перспективных изделий; результаты интеллектуальной деятельности; модернизация; подготовка к выводу из эксплуатации.

Пример взаимодействия участников полного жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств на примере средств измерений приведена ниже (рис. 2).

Модель контуров жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств меняет принцип построения системы управления взаимодействием участников: требуется объединить продукт под единым управлением, организуя взаимодействие большого числа участников. По-нашему мнению это может сделать только головная организация, отвечающая за развитие предметной области продукции высокотехнологичных производств. В настоящее время инструментом организации управления выступают технологические и цифровые платформы, основанные на том, что вертикальное разделение функций и ответственности должно не противоречить принципам процессного управления в сочетании с классической иерархической линейно-функциональной организационной структурой.

Полный жизненный цикл создания продукции высокотехнологичных производств					
	Фундаментальные и прикладные исследования	Опытно-конструкторская работа и малая серия	Освоение серийного производства	Эксплуатация и сервисное обслуживание	Вывод средства измерений из эксплуатации
Наименование работ	Научно-исследовательская работа «Исследование путей и разработка технологий создания сверхминиатюрного квантового стандарта частоты для прецизионной аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС.	Опытно-конструкторская работа «Создание сверхминиатюрного квантового стандарта частоты для прецизионной аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС».	Постановка инициативной работа за счет собственных средств по организации серийного производства и разработки технологического стенда для изготовления сверхминиатюрного квантового стандарта частоты.	- Включение сверхминиатюрного квантового стандарта частоты в состав метрологических комплексов; - Услуги по сервисному обслуживанию и поддержанию в работоспособном состоянии, а также услуг по поверке.	Мероприятия по улучшению точностных характеристик сверхминиатюрного квантового стандарта частоты.
Результаты работ	- теоретические и экспериментальные исследования по оптимизации параметров критических узлов, квантового стандарта частоты; - изготовлены и экспериментально исследованы макеты усовершенствованных квантовых дискриминаторов и квантового стандарта частоты на их основе; - проект технического задания на ОКР; - демонстрационный образец (прототип) лазера.	- технический проект и макет сверхминиатюрного квантового стандарта частоты; - конструкторская (КД), технологическая (ТД) и программная документации (ПД) ; - опытный образец сверхминиатюрного квантового стандарта частоты; - определены предприятия-изготовители и разработаны сроки освоения производства.	- создан и испытан технологический стенд изготовления НАП-КПН; - закуплена аппаратура метрологического обеспечения технологии изготовления НАП-КПН; - отработаны условия и этапы базовых технологических процессов контроля метрологических параметров НАП-КПН; - выпуск заданной партии сверхминиатюрных квантовых стандартов частоты.	- осуществление гарантийного и постгарантийного обслуживания, направленного на поддержания работоспособного состояния средства измерений; - осуществление поверки средства измерений в части подтверждения его метрологических характеристик.	- замена действующего средства измерений его аналогом с более высокими характеристиками
Участники платформы	- ФГУП «ВНИИФТРИ»; - ФГБУ науки «Институт лазерной физики» СО РАН; - ООО «Техноскан-Лаб»	- ФГУП «ВНИИФТРИ»; - ФГБУ науки «Институт лазерной физики» СО РАН; - ООО «Техноскан-Лаб»; - организации-пользователи СИ; - предприятия-изготовители	- ФГУП «ВНИИФТРИ»; - ООО «Техноскан-Лаб»; - предприятия-изготовители	- ФГУП «ВНИИФТРИ»; - ООО «Техноскан-Лаб»; - организации-пользователи СИ	

Источник: разработано автором на основе [25]

Рис. 2. Пример взаимодействия участников полного жизненного цикла продукции высокотехнологичных производств на примере средств измерений (фрагмент)

Традиционные ЛФС эффективны, когда изделия не отличаются значительной сложностью и новизной, этапы жизненного цикла достаточно предсказуемы, а выполнение проектов происходит без значительных отклонений от плановых нормативов.

Ускорение смены высокотехнологичных изделий в условиях нового технологического уклада неизбежно приводит к усилению неопределенности и отклонениям от плановых показателей, в результате чего в ЛФС возрастает нагрузка на верхние уровни управления. Кроме того, это вызывает борьбу подразделений за сохранение своих функций, дублирующих управленческие процессы, что приводит к задержке замены устаревших этапов и потере эффективности управления жизненным циклом.

Решению названной проблемы не способствуют и матричные структуры, поскольку для их применения характерно наделение руководителя проекта особыми полномочиями, позволяющими ему осуществлять текущее и оперативное управление проектом, не нарушая взаимоотношений, сложившихся в рамках ЛФС. В матричной структуре усиливается роль текущего и оперативного управления проектом, использующего не сложившиеся иерархические связи в ЛФС, а новые горизонтальные отношения посредством введения в управление проектом ответственных исполнителей. Компетенции ответственного исполнителя заключаются в возможности обеспечить промежуточные результаты подразделений в соответствии с планом выполнения проекта.

Современная организация проектной деятельности высокотехнологичных изделий должна привести к созданию гибкой адаптивной организационной структуры, особенностью которой является закрепление функциональных компетенций подразделений за процессами создания ценности по каждому этапу жизненного цикла на основе внедрения в ЛФС элементов программно-целевого управления. Это возможно посредством применения процессного управления с элементами матричной структуры головной организацией (рис. 3).

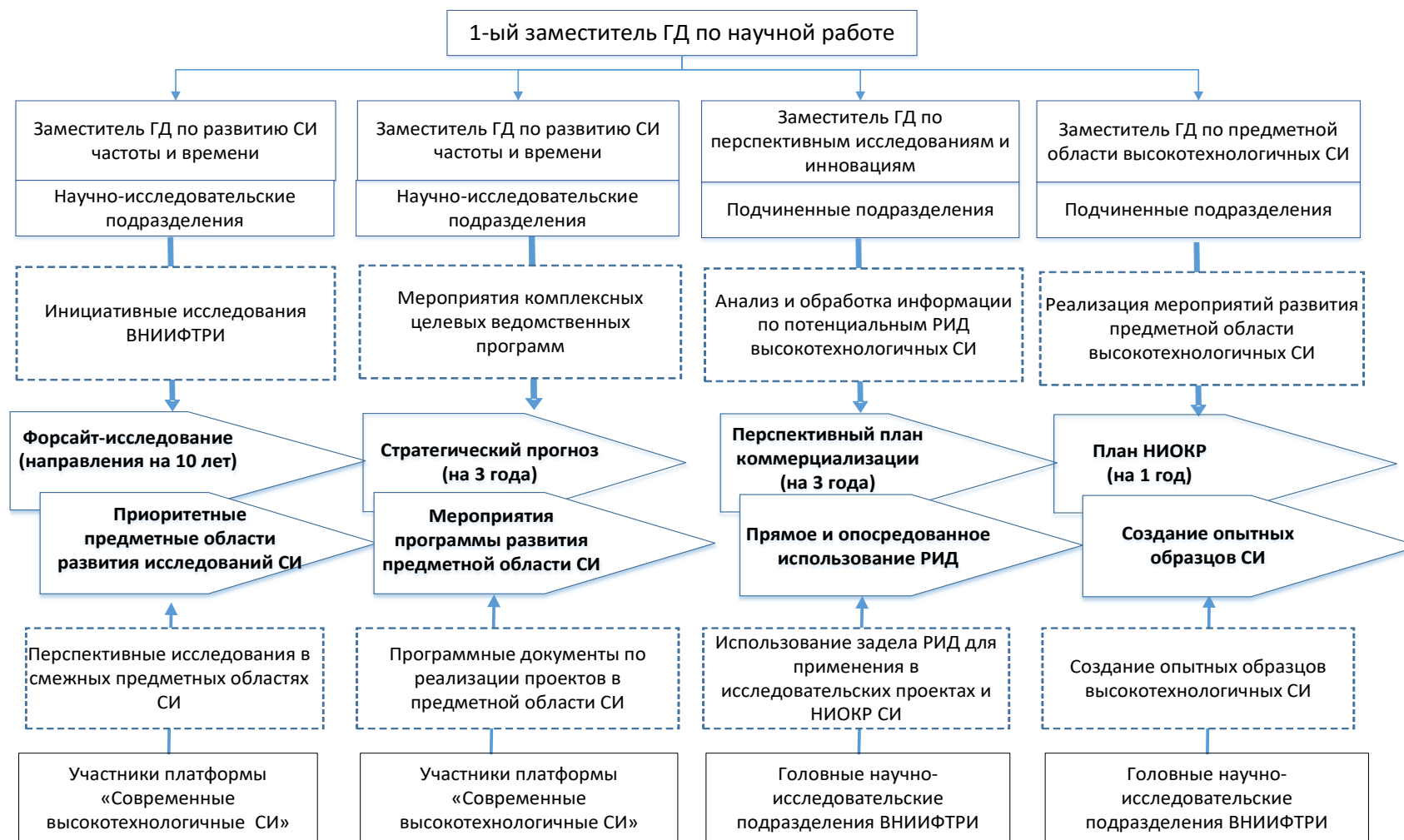


Рис. 3. Процессное управление проектной работы по контрактам и договорам на технологической платформе с элементами матричной структуры (на примере современных средств измерений).
 Источник: разработано автором

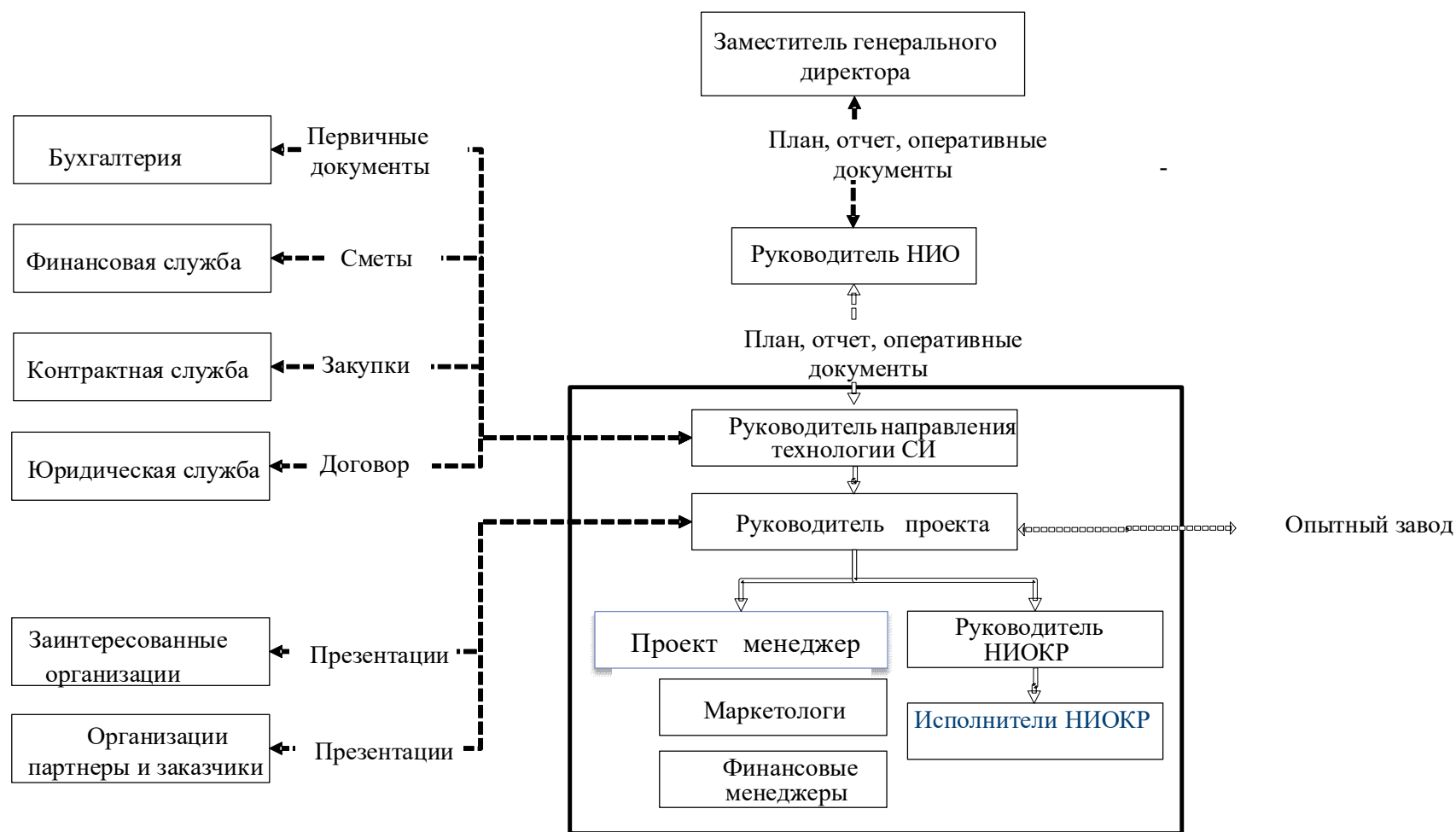


Рис. 4. Организация проектного офиса коммерциализации высокотехнологичных изделий современных средств измерений
 Источник: разработано автором

Это означает, что процессное управление используется для выполнения задач интеграции этапов жизненного цикла высокотехнологичных изделий по единой методологии, учитывая, что часть этапов жизненного цикла выполняют подразделения головной организации. Матричная структура при этом позволяет задействовать связи подразделений с внешними партнерами в зависимости предмета комплексных работ и объединить участников крупных работ с полным циклом фундаментальных, прикладных, опытно-конструкторских работ, производства малой серии изделий, поддержка их эксплуатации и утилизации с заменой технологически более совершенным изделием.

Сохраняющиеся ЛФС позволяют жестко связать децентрализованные процессы управления с матричной структурой, сохранив управляемость организации ее высшим руководством.

Перевод части процессов управления жизненным циклом высокотехнологичных изделий на внешнюю по отношению к головной организации платформу связан с необходимостью активизировать этап коммерциализации полного жизненного цикла высокотехнологичного продукта.

Для этого требуется организационный центр, в котором возможно обособить проектное управление в отдельную обособленную единицу (рис. 4).

Такой подход позволяет не рассредоточить управление по всей организации, а сконцентрировать ее в пределах предметной области, соответствующей технологической платформе. При этом взаимодействием с ней занимается руководитель направления технологий высокотехнологичной продукции с данными ему руководителями НИОКР и проектными менеджерами.

Координация работ по предметной области остается за руководителем НИО с подчинением заместителю генерального директора. Отдельные обеспечивающие функции, которые носят общеорганизационный характер (например, бухгалтерский учет, финансовый менеджмент, контрактные и юридические службы) вынесены за пределы проектного офиса, поскольку в нем они реализуют в основном оперативные функции.

Процессы управления полным жизненным циклом высокотехнологичных изделий включают следующие группы процессов:

1. Операционный менеджмент этапов полного жизненного цикла высокотехнологичных изделий, которые ведет проектный офис технологической платформы. Основным результатом операционного менеджмента является оценка состояния этапов жизненного цикла и места участников технологической платформы в их развитии. Это ключевые процессы, определяющие результат деятельности технологической платформы в своей предметной области и испытывающие воздействие всех остальных процессов.

Именно в операционном менеджменте Проектного офиса можно отследить процессы другого вида – изменений предметной области и необходимость постоянных улучшений на различных этапах полного жизненного цикла.

1. Результативность технологической платформы зависит от процессов развития предметной области высокотехнологичных изделий; процессов поддержки основной деятельности участников технологической платформы процессов сервисных услуг, оказываемых пользователям высокотехнологичных изделий, а также от организации внутренних процессов управленческой деятельности проектного офиса.

2. Процессы развития предметной области высокотехнологичных изделий формируются научными коллективами, проводящими форсайт фундаментальных и прикладных исследований, что позволяет передавать результаты мониторинга предметной области, сформулировать стратегические цели, а также определить взаимодействие участников (ядро, периферия и перспектива технологической платформы).

- 2.1. Процессы поддержки основной деятельности определяют компетенции партнеров для создания перспективных высокотехнологичных изделий и в зависимости от

этого выстраивают отношения с ними.

2.2. Процессы сервисных услуг, оказываемых пользователям высокотехнологичных изделий, определяют масштаб коммерциализации, поскольку поддерживают их применение и увеличивают долю постоянных заказчиков.

2.3. Организация внутренних процессов управленческой деятельности проектного офиса требует управленческих решений, обеспечивающих операционный менеджмент. Управленческая деятельность Проектного офиса связана с ведением коммерциализации и ее финансовой поддержкой, созданием необходимой инфраструктуры и развитием компетенций персонала технологической платформы, а также управленческими решениями, содержащими корректирующие мероприятия, необходимые для достижения стратегических целей.

Выводы

Проведено исследование подходов к понятию «жизненный цикл высокотехнологичной продукции», что позволило обосновать авторскую модель организации цепочки создания продукции высокотехнологичных производств, а также составляющих ее этапов, способных стать основой взаимодействия участников. Реализация модели требует реорганизации существующей деятельности и построения системы управления, обеспечивающей эффективное создание продукции высокотехнологичных производств в условиях противодействия негативным геополитическим и макроэкономическим факторам.

Обоснован вывод о том, что управление полным жизненным циклом высокотехнологичных продуктов требует новых принципов интеграции всех ключевых процессов на базе единых цифровых платформ, обеспечивающих эффективное взаимодействие их участников.

В работе предложен перевод части процессов управления жизненным циклом продукции высокотехнологичных производств в организационный центр, в котором возможно обособить проектное управление в отдельное обособленное подразделение. Такой подход позволяет не рассредоточить управление по всей организации, а сконцентрировать его в пределах предметной области соответствующей технологической платформы.

Литература

1. ГОСТ 53791-2010. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. – Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2010 г. N 85-ст. – М.: Статинформ, 2011. – 8 с.

2. ГОСТ Р 56863-2016. Система управления полным жизненным циклом изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Требования к организации работ по разработке электронных конструкторских документов на этапах изготовления и испытания опытного образца изделия и утверждения рабочей конструкторской документации для организации серийного производства. Общие положения. - Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»). Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 февраля 2016 г. № 62-ст. - М.: Стандартинформ, 2019. - 12 с.

3. ГОСТ Р 56864-2016. Система управления полным жизненным циклом изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Требования к организации работ по разработке электронных конструкторских документов, представляемых заказчику на этапе эскизного проекта и технического проекта. Общие положения. - Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»). Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 февраля 2016 г.

№ 63-ст. - М.: Стандартиформ, 2019. - 11 с.

4. ГОСТ Р 56874-2016. Система управления полным жизненным циклом изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Требования к организации работ по разработке электронных конструкторских документов на этапе разработки рабочей конструкторской документации для изготовления опытных образцов. Общие положения. - Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»). Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 февраля 2016 г. № 79-ст. - М.: Стандартиформ, 2019. - 11 с.

5. Бондаренкова, И. В. Интегрированные системы управления жизненным циклом продукции: учебно-методическое пособие / И. В. Бондаренкова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 55 с

6. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. Вооружение и экономика, 2014, № 2, с. 4–9

7. Вичугова, А. А. Методологические основы проектирования сложных наукоемких изделий и принципы построения интегрированной информационной среды на базе CALS-технологий / А. А. Вичугова, В. Н. Вичугов, Е. А. Дмитриева, Г. П. Цапко, С. Г. Цапко // Томск: ТПУ. - 2013. – 180 с.

8. Воронин, С. И. Особенности маркетинговой деятельности на этапах жизненного цикла наукоемкой продукции / С. И. Воронин, А. Ю. Рыбкин // Экономинфо. – 2018. – Т. 15. – № 3. – С. 56-59.

9. Герасимова, Г. Е. Все о качестве. Зарубежный опыт. Научно-технический сборник. Выпуск № 3 (57)/2007. Стоимость жизненного цикла продукции (МЭК 60300-3-3) / Г. Е. Герасимова. - М.: НТК «Трек», 2017. - 617 с.

10. Губич, Л. В. Внедрение на промышленных предприятиях информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции / Л. В. Губич. - Москва: Мир, 2016. - 279 с.

11. Жаров, В. С. Взаимосвязь технологического и экономического развития производственных систем / В. С. Жаров // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 32-44.

12. Зайцев, Е. М. Формализация этапов жизненного цикла создания геоинформационной продукции на научно-производственном предприятии / Е. М. Зайцев, Е. А. Коломиец, В. Н. Николаев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2020. – Т. 24. – № 4. – С. 146-165.

13. Ковшов, А. Н. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения. Принципы, системы и технологии CALS / ИПИ / А. Н. Ковшов и др. - М.: Academia, 2013. - 304 с.

14. Колчин, А. Ф. Цифровизация и управление жизненным циклом продукции машиностроения / А. Ф. Колчин, С. В. Сумароков // Вестник МГТУ Станкин. – 2019. – № 2 (49). – С. 10-16.

15. Коцюбинский, В. А. Теория и практика госзакупок инновационной продукции // Инновации № 6 (212). 2016. С. 12-16.

16. Лотов, А.И., Управление жизненным циклом оптического прибора при помощи автоматизированных систем / А. И. Лотов, В. Н. Прокудин // Экономика высокотехнологичных производств. – 2020. – Том 1. – № 3. – С. 127-136. – doi: 10.18334/evp.1.3.110973. Режим доступа: <https://1economic.ru/lib/110973>

17. Мельников, О. Н. Расширение подходов к процессу управления жизненным циклом продукции при диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса /

О. Н. Мельников, Д. А. Есипенко, Д. С. Алабужев // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 1301-1310.

18. Попков, Д. В., Коцюбинский, В. А. Производство высокотехнологичной продукции гражданского назначения в ОПК России до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vpk.name/news/197235_proizvodstvo_vysokotekhnologichnoi_produkcii_grazhdanskogo_na_znacheniya_v_opk_rossii_do_2030_goda.html (дата обращения: 12.10.2020).

19. Семёнычев, В. К. Инструментарий моделирования колебательной компоненты в колоколообразных кривых жизненного цикла продукции / Часть сборника «Прикладная эконометрика, № 1, (33), 2014. - М.: Изд-во: «Синергия», 2014. – 13 с.

20. Семенов, А. И. Оценка уровня цифровизации участников создания высокотехнологичной продукции / А. И. Семенов // Инновации и инвестиции, № 12, 2019. – С. 120-121.

21. Семенов, А. И. Построение технологической платформы управления высокотехнологичным производством. / А. И. Семенов // Инновации и инвестиции. – 2021. - № 4 - С. 109-111.

22. Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции / А. В. Скворцов, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Чмырь. - М.: Academia, 2013. - 320 с.

23. Старожук, Е. А. Методики формирования конструкции образцов вооружения и военной техники и расчета стоимости производства с учетом затрат на гарантийное обслуживание / Е. А. Старожук, Е. З. Тужиков, Д. А.

24. Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жизненный_цикл_изделия (дата обращения: 10.10.2020).

25. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») Официальный сайт ФГУП «ВНИИФТРИ». – URL: <https://www.vniiftri.ru/> (дата обращения: 14.12.2022).