

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Д.К. Щеглов (АО «КБСМ», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова),
Н.А. Пиликов (ООО «Гласис-Сервис»), В.И. Тимофеев (СПб ГУАП)

Представлен краткий анализ ключевых трендов цифровой трансформации высокотехнологичных организаций отечественной промышленности, а также семантический анализ комплексного понятия «цифровая трансформация» и его составляющих применительно к производственной деятельности организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Приведены основные направления, задачи, принципы и предполагаемые результаты цифровой трансформации проектных организаций и промышленных предприятий ОПК.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, интегрированная структура, оборонно-промышленный комплекс, жизненный цикл изделия, информационные технологии.

Введение

В современных геополитических и экономических условиях вектор развития мировой промышленности направлен в сторону реализации принципиально новой бизнес-модели «продуктов – сервисов», в которой потребители не получают продукт (товар, изделие) как таковой, а используют его функции в объеме и качестве, необходимом в конкретный момент времени, с оплатой по фактическому потреблению или по результатам потребления [1]. Реализация такого подхода требует применения новых методов управления бизнес-процессами и их непрерывной оптимизации для минимизации влияния человеческого фактора в звене «планирование – исполнение – контроль» за счет широкомасштабной автоматизации и роботизации, как минимум, первой и последней операций. Процесс перехода промышленности на новые бизнес-модели, базирующиеся на концепции продуктово-сервисных кибернетических систем, в современной научной литературе получил название «цифровая трансформация».

Цифровая трансформация (digital transformation, DT) – это стратегический процесс кардинального изменения («цифрового преобразования» бизнес-модели) основной производственной деятельности организации (предприятия, компании) с использованием средств виртуализации для перехода к рабочей среде принципиально нового типа – виртуальному рабочему пространству (ВРП), в котором появляются новые возможности для развития принципов цифровой экономики (гибкой интеграции, системной работы с инновациями, моделируемости, клиентоцентричности, развития цифро-

вой платформы, открытого API и др.) [2]. Работа в ВРП подразумевает «прозрачное» взаимодействие территориально распределенных субъектов производственной деятельности посредством внедрения современных цифровых технологий и аппаратно-программных средств, роботизации, мобильных устройств, искусственного интеллекта и когнитивных технологий, маркетингового подхода, развития цифровых компетенций работников и т.п. Помимо внедрения новых технологий, установки современного оборудования и программного обеспечения (ПО) цифровая трансформация организации подразумевает фундаментальные изменения в подходах к управлению и корпоративной культуре, выстраиванию внешних коммуникаций с поставщиками и потребителями, а также преобразование мышления руководителей и специалистов для совершенствования бизнес-модели и модели управления производственной деятельностью.

В общем случае глобальную цель управления гипотетической организацией ОПК можно сформулировать следующим образом: непрерывное осуществление эффективных управляющих воздействий, направленных на оптимальное использование совокупности временных, финансовых, интеллектуальных и материальных ресурсов для минимизации рисков невыполнения требований технического задания и условий договора по предоставлению продуктов-сервисов (или в рамках традиционной бизнес-модели – требований технического задания и условий договора на выполнение ОКР (НИОКР) по выпуску наукоемкой продукции, изготовление серийной продукции).

Анализ применения информационно-коммуникационных технологий в отечественной промышленности позволяет выделить три процесса: автоматизация, информатизация и цифровая трансформация. Автоматизация подразумевает изменение бизнес-процессов организации (предприятия, компании), направленное на передачу ряда функций по управлению и контролю от человека аппаратно-программным средствам. Информатизация – изменение бизнес-процессов организации, прежде всего, процессов управления, направленное на получение максимального эффекта от применения информационных технологий, а также совершенствование процессов хранения и обработки информации. Цифровая трансформация – кардинальное изменение бизнес-модели деятельности организации, включая совершенствование подходов к управлению, корпоративной культуре, организации производства и внешним коммуникациям на основе сквозных цифровых технологий.

Инструменты цифровой трансформации относятся к технологиям Industry 4.0, пришедшим на смену активно развивающимся в последние 20 лет

в российской промышленности CALS-технологиям (непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий) [3].

Краткий обзор направлений, инструментов и проблемных вопросов цифровой трансформации бизнес-модели отечественных организаций

По мнению российских специалистов и экспертов в области цифровой трансформации, отраслями с самой развитой цифровой инфраструктурой по состоянию на 2020 г. являются: ИТ-сфера и разработка ПО, телекоммуникации и связь, промышленное производство. Отрасли с цифровой инфраструктурой начального уровня являются: образование и наука, профессиональные услуги бизнесу, агропромышленный комплекс, организации ОПК [4]. Основные направления развития, а также ключевые инструменты и проблемные вопросы цифровой трансформации представлены на рис. 1.

Среди основных направлений развития цифровой трансформации важно выделить:

– цифровизацию требований к изделию – разработку требований к изделию и представление ее в формате электронной структуры требований (ЭСТ), вклю-



Рис. 1. Ключевые направления, инструменты и проблемные вопросы цифровой трансформации

чающей, прежде всего, функциональные требования и пополняемую многочисленными требованиями, предъявляемыми на этапах разработки, производства, проведения испытаний и эксплуатации [5];

- моделицентричность – представление объектов проектирования и производства в формате моделей предметной области;

- клиентоцентричность – применение сервис-ориентированного подхода как к создаваемой и предлагаемой заказчику продукции, так и организации в формате сетевых сервисов ВРП работы специалистов, участвующих в процессе информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) этой продукции;

- компетентностно-ориентированный подход – совокупность взглядов на применение, приобретение и развитие у работников организации (предприятия, компании) профессиональных и командных компетенций, определяющих их место и роль в производственном или управленческом процессе;

- ценностно-ориентированный подход – совокупность взглядов на ведение хозяйственной деятельности, получение и использование результатов этой деятельности с точки зрения создаваемой ценности – вклада в достижение миссии организации (предприятия, компании);

- работу с большими данными – применение современных методов, средств, технологий сбора, хранения и обработки структурированных и неструктурированных данных;

- внедрение инноваций – применение новшеств (технологических, организационно-управленческих, маркетинговых и др.), обеспечивающих качественный рост эффективности хозяйственной деятельности организации (предприятия, компании).

По оценкам российской цифровой консалтинговой компании KMDA выполненным в 2020 г. на основе исследования российского рынка цифровых технологий, наиболее востребованными инструментами цифровой трансформации российские организации (предприятия, компании) называют управление данными, промышленный Internet вещей и роботизацию процессов (рис. 2).

Многие организации высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности в настоящее время столкнулись со значительными изменениями в своем внешнем окружении (внешней среде), оказывающими существенное влияние на реализацию их хозяйственной деятельности и процессы цифровой трансформации.

К значительным изменениям внешней среды организаций высокотехнологичных отраслей промышленности следует отнести сокращение государственного финансирования, прежде всего, государственного оборонного заказа (ГОЗ). В этих условиях значительно возросла конкуренция за получение государственных заказов, ряд организаций (предприятий, компаний) были вынуждены сократить численность персонала или даже уйти с рынка.

Еще одним значительным изменением во внешней среде стали объективные ограничения, связанные со сложной эпидемиологической обстановкой, которые привели к массовому переходу сотрудников на удаленную работу. Такой переход требует значительных финансовых затрат на оборудование рабочих мест, а также изменения сложившихся производственных процессов, корректировку нормативно-правовой базы. Например, организации ОПК при переводе своих специалистов на удаленную работу столкнулись с необходимостью пересмотра регламентов информационной безопасности.

В связи с санкциями, введенными на поставку зарубежных комплектующих, электронной компонентной базы и ПО, остро встала проблема глобального импортозамещения. Очевидно, что импортозамещение не осуществить мгновенно, запуск собственного производства требует значительных финансовых и временных затрат.

Обеспечение выживаемости в современных финансово-экономических условиях потребовало от организаций (предприятий, компаний) проведения диверсификации их деятельности с целью выпуска на рынок новых востребованных товаров и услуг. В частности, организации ОПК столкнулись с необходимостью конверсии произ-

водства (в соответствии с посланием Президента РФ Федеральному Собранию от декабря 2016 г. предприятиям ОПК необходимо было к 2020 г. довести долю выпускаемой продукции гражданского и двойного назначения до значения $\geq 17\%$, к 2025 г. – $\geq 30\%$, а к 2030 г. – $\geq 50\%$).

Вместе с тем существует ряд неоспоримых

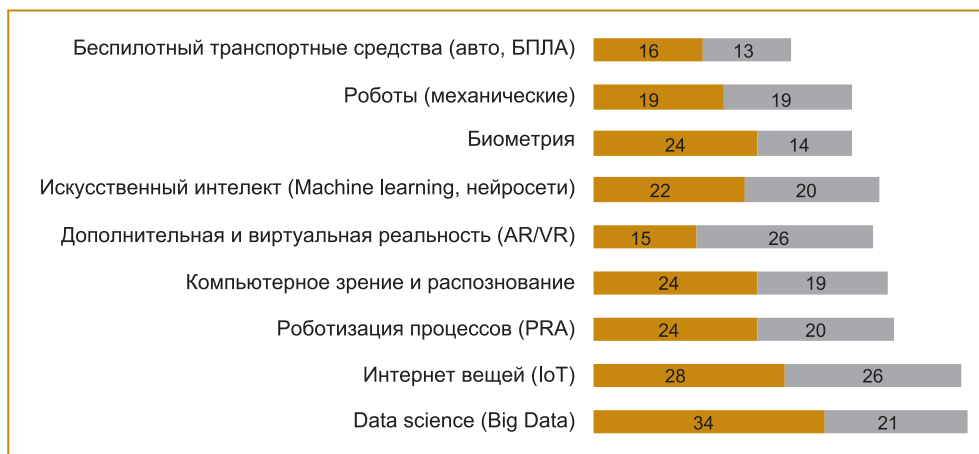


Рис. 2. Инструменты цифровой трансформации, используемые и планируемые к внедрению в российских организациях, % [4]

трудностей, связанных с цифровой трансформацией организаций высокотехнологичных отраслей российской промышленности, а именно:

– недостаточные знания и компетенции – успешная реализация проектов по цифровой трансформации напрямую зависит от квалификации и опыта команды проекта, понимания необходимости изменений и поддержки высшим руководством проектов по совершенствованию деятельности организации (предприятия, компании);

– дефицит квалифицированных специалистов – в настоящее время вузы не готовят специалистов в области цифровой трансформации, и можно рассчитывать только на практиков, участвующих в реализации комплексных масштабных ИТ-проектов. Найти таких специалистов на рынке труда весьма непросто;

– отсутствие системного подхода – создавая и модернизируя свою ИТ-инфраструктуру не все организации уделяют достаточного внимания выбору и внедрению необходимых программных и аппаратных средств, их совместной работе в интегрированной информационной среде организации. Достаточно часто проектные организации и промышленные предприятия оснащаются различными программными средствами для решения одних и тех же задач;

– несовершенство существующей нормативно-правовой базы – в настоящее время нормативно-правовая база цифровой трансформации только формируется, создаются механизмы государственной поддержки проектов, а крупные интегрированные структуры разрабатывают свои нормативные документы в области цифровой трансформации;

– недостаточное финансирование – в условиях сложной финансово-экономической ситуации в стране и снижения объемов государственного заказа, прежде всего, оборонного, организациям высокотехнологичных отраслей промышленности сложно высвободить финансовые средства на внедрение инноваций и передовых информационно-коммуникационных технологий. При этом необходимые инвестиции в ИТ-проекты не всегда приносят быстрого прямого экономического эффекта;

– издержки импортозамещения – замена используемых большинством проектных организаций и промышленных предприятий станков и оборудования, аппаратных и программных средств зарубежного производства отечественными аналогами требует значительных затрат временных и финансовых ресурсов. Более того, в ряде случаев возможность эквивалентной замены просто отсутствует (например, отечественные САПР (CAD/CAE-системы) работают исключительно под управлением ОС MS Windows и т.п.).

При этом основными факторами успеха цифровой трансформации, по мнению российских организаций, являются компетентные руководители, менеджеры и команда, действующие по разработанному стратегическому плану (рис. 3).

Виртуальное рабочее пространство как основа цифровой трансформации организаций высокотехнологичных отраслей промышленности

Современные тенденции в области цифровой трансформации организаций высокотехнологичных отраслей промышленности подразумевают постепенный переход от документоцентричного проектирования и производства изделий на основе чертежей к моделицентричному. Моделицентричная технология предполагает создание, пополнение и использование на протяжении всего ЖЦ полного цифровой прототип изделия (ЦПИ), разрабатываемого с применением передовых методов 3D-моделирования и бесчертежного документирования. При этом под ЦПИ будем понимать полное цифровое описание (модель) виртуального объекта (изделия, продукта, сервиса) на различных стадиях (этапах) ЖЦ предназначенное для его оптимизации и проверки достижимости планируемых целевых показателей в условиях ресурсных ограничений.

Документирование требований к геометрии и технологии изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ) изделия осуществляется при помощи 3D-аннотаций, прикрепляющихся средствами CAD-системы непосредственно к элементам 3D-моделей ДСЕ [6]. Этой тенденции уже нет альтернативы, что документально закреплено специальным стандартом ISO 16792:2015, и частично ему соответствующим ГОСТ 2.052-2015 – электронная геометрическая модель изделия.

Применение моделицентричного подхода становится возможным благодаря радикальным изменениям в аппаратных и программных средствах,

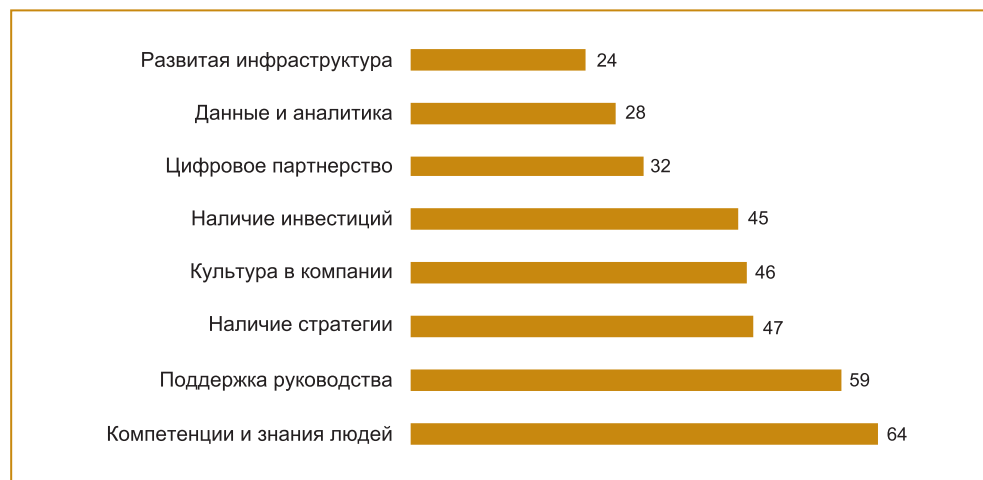


Рис. 3. Основные факторы успеха цифровой трансформации российских организаций, % [4]

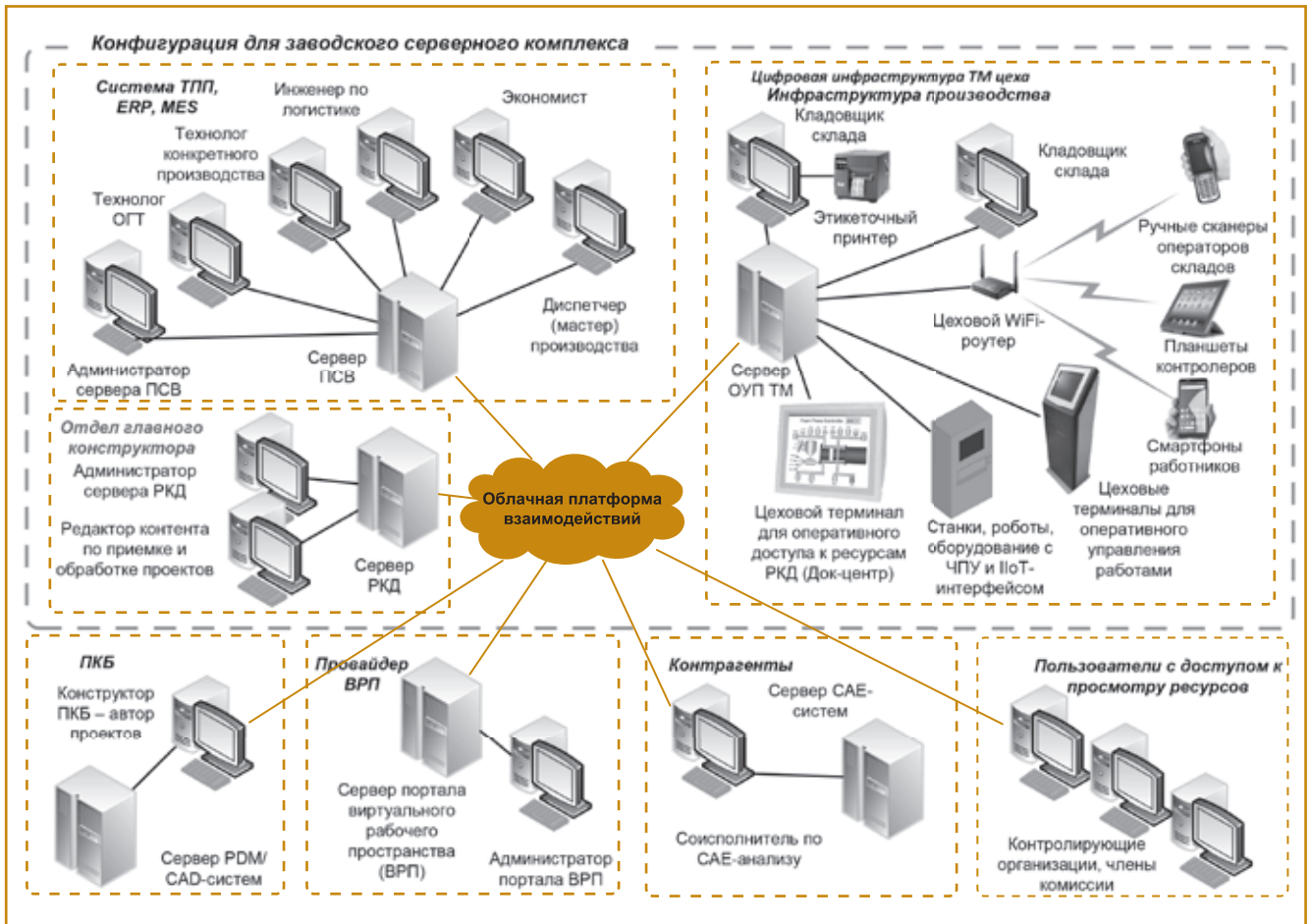


Рис. 4. Пример цифровой инфраструктуры ВРП

применяемых в процессе выполнения ОКР (НИОКР): средствам коммуникации, виртуализации и технологий, в которых отсутствуют традиционные ограничения по скорости передачи и объемам хранимой информации, а также территориальному расположению субъектов производства.

Работа с моделями осуществляется через элементы цифровой инфраструктуры ВРП – цеховые терминалы, средства и каналы коммуникаций, портативные устройства пользователей, интерактивные устройства класса IoT (Industrial Internet of Things), устройства с ЧПУ и др. (рис. 4). Важными ресурсами ВРП также являются все применяемые нормативные ресурсы – стандарты, справочники, библиотеки типовых конструкций (3D-модели), базы покупных комплектующих изделий и т.д.

Использование современных информационно-коммуникационных технологий, средств виртуализации рабочих мест, облачных серверных платформ, защищенных сетевых каналов и протоколов связи позволяет создать ВРП – рабочую среду (экосистему) облачного взаимодействия субъектов производства нового типа, которая открывается для всех субъектов производственной деятельности (СПД) в формате Web-портала и обеспечивает их возможно-

стями совместной работы независимо от территориального расположения.

Подключения СПД к искомому проекту осуществляются с любого устройства через стандартный Web-браузер по логину/паролю. При этом АРМ СПД автоматически подключается через Web-API к Web-сервисам ВРП в соответствии с ролью СПД в конкретном проекте. Все подключенные к ВРП автоматизированные системы становятся сервис-провайдерами, предоставляющими доступ к своим ресурсам за счет системной интеграции [1]. Пользователи в таких условиях уже не заботятся о том, где хранятся файлы проектов, по большей части не нуждаются в установке дополнительных автоматизированных систем на своих компьютерах, а работают только с теми сервисами, которые им доступны в соответствии с назначением (проектными ролями).

Публикация ЦПИ в ВРП осуществляется на основе форматов, поддерживаемых 3D-вьюерами, отображающими узлы иерархии и геометрию объектов ЦПИ, каждому из которых соответствует информационная карточка с атрибутами. Состав атрибутов каждой карточки объекта в свою очередь соответствует типу объекта. Карточки обеспечивают прямой доступ к 3D-моделям объектов. К этим же узлам иерархии при-

крепятся любые файловые ресурсы, а также связь определенного типа с другими карточками этой же структуры изделия (рис. 5).

Накопленные в ВРП ресурсы по выполненным и текущим проектам, в том числе ЦПИ (цифровые двойники) изделий и объектов производства, образуют так называемые цифровые активы, которые непрерывно обновляются и используются в on-line режиме на всех этапах ЖЦ изделия, в конечном итоге увеличивая капитализацию проектных организаций и промышленных предприятий. Работа с цифровыми активами осуществляется в соответствии с правами доступа субъектов информационного взаимодействия.

Цифровые активы, сформированные на основе реалистичных 3D-моделей изделий, могут быть доступными для визуального восприятия и исключительно эффективными за счет моментального on-line подключения к необходимому информационному контенту из любой точки мира по Web-адресу в глобальной сети через интерфейс ВРП. Каждый элемент ЦПИ имеет свой постоянный Web-адрес и будет доступен по нему всегда, независимо от того, где находится серверный комплекс.

В условиях цифрового производства центральным и первичным источником цифровых активов по каждому проекту становится документированная электронная геометрическая модель изделия. Информационную основу модели составляет электронная структура изделия. Последняя отражает материальный состав изделия, содержит все необходимые компоненты и уже в нашей стране признана как главный электронный документ по проекту изделия.

Несмотря на то, что CAD-системы пока еще работают как локальные приложения на АРМ конструкторов и технологов, используя вычислительные ресурсы самого персонального компьютера (ПК), тенденция пере-

хода на ВРП уже активно развивается в современных CAD/CAE-системах, работающих на облачной платформе, что в перспективе полностью исключит необходимость использования систем класса PDM/PLM. Такими примерами являются CAD-система Onshape, CAE-платформа OnScale для конечно-элементного анализа конструкций. Облачные CAD/CAE подключаются к ВРП в качестве корпоративных сервисов для создания и тестирования ЦПИ, исключая необходимость использования традиционных файлов, чертежей, выпуск извещений об изменениях, трансформацию форматов, передач проектов и т.п.

Отметим, что опубликованные в ВРП проектные ресурсы, благодаря созданным структурам и реалистичному представлению геометрии изделия, могут использоваться не только для нужд производства, но и как учебный контент для систем дистанционного обучения. Поскольку все процессы документируются и объекты оставляют цифровой след, обучающимся в соответствии с правами их доступа получают возможность в on-line режиме отслеживать отдельные процессы по теме обучения.

Особенности цифровой трансформации организаций ОПК

Организации ОПК можно охарактеризовать совокупностью следующих основных особенностей [7], оказывающих существенное влияние на процессы их цифровой трансформации:

- значительная зависимость от ГОЗ;
- узкая область применения выпускаемой продукции;
- долгосрочный и капиталоемкий характер производственной деятельности;
- высокий уровень наукоемкости и технологической сложности производства;

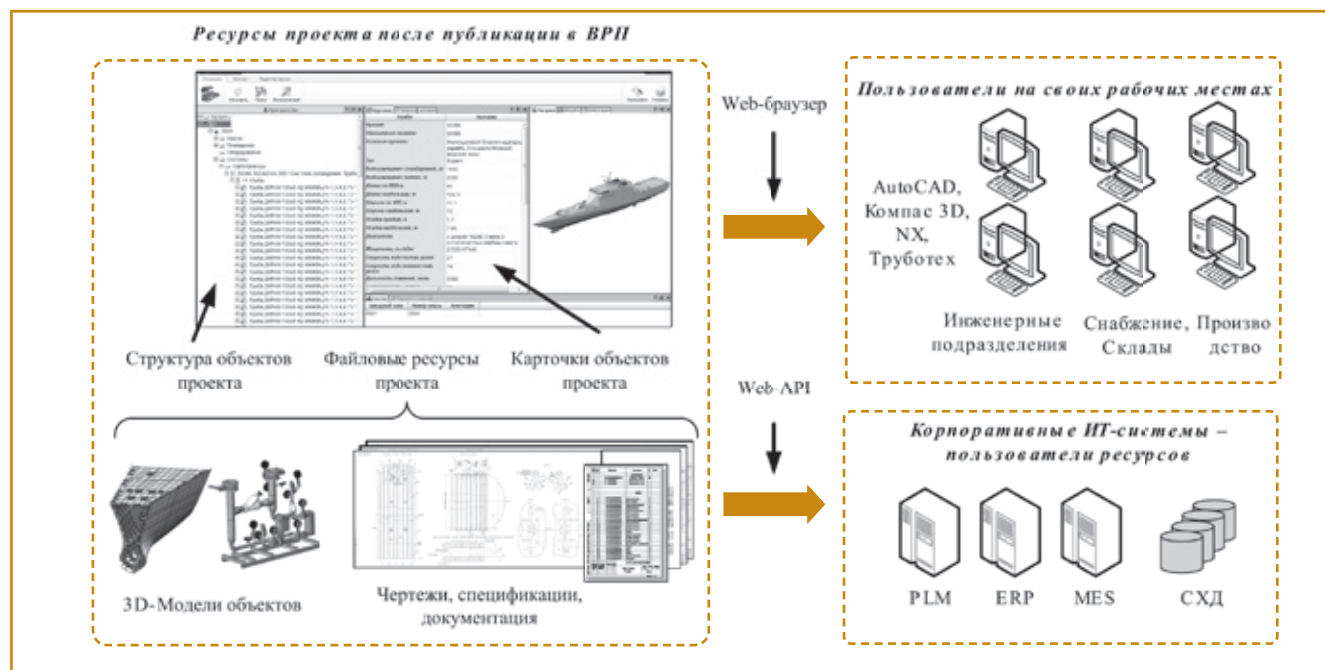


Рис. 5. Работа с ресурсами проекта в ВРП

– исключительные требования по защите и передаче информации и технологий;

– наличие конверсионного производства.

Традиционные этапы выполнения ГОЗ, и как следствие, направления основной производственной деятельности предприятий ОПК, обусловлены стадиями ЖЦ вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), а именно: проектные – разработка, производственные – изготовление, эксплуатационные – эксплуатация, ремонтные – капитальный ремонтное, утилизационные – утилизация и т.п. Каждая стадия ЖЦ завершается конечным (целевым) результатом: разработка – комплектом технической документации и опытным образцом изделия, изготовление – серийным изделием (продукцией), эксплуатация – достижением целевого эффекта, ремонт – восстановлением работоспособности изделия, утилизация – прекращением существования изделия [2].

В условиях цифрового проектирования и производства этапы выполнения ГОЗ и соответствующие им целевые результаты стадий ЖЦ изделия можно представить следующим образом:

– предпроектный – разработка требований к отдельному изделию, создание в ВРП ЭСТ к изделию, либо к конфигурируемому классу изделий;

– проектный – разработка и создание в ВРП на основе ЭСТ проектного ЦПИ, содержащего, как правило, различные конфигурации и/или исполнения;

– производственный – формирование в ВРП производственно-технологической структуры конкретного ЦПИ изделия (заводского заказа) на основе проектного конфигурируемого ЦПИ, изготовление и выпуск физического экземпляра изделия (либо серии идентичных экземпляров изделий);

– эксплуатационный – формирование на каждый выпущенный экземпляр изделия его отдельной эксплуатационно-сервисной структуры, запуск изделия в эксплуатацию, выполнение сервисных операций, ремонтов, модернизаций;

– утилизационный – утилизация конкретного изделия – формирование материальной структуры утилизации и, при необходимости, структуры технологий переработки материалов и утилизации, повторное применение некоторых типов пригодных для использования компонентов.

Таким образом, целевой результат каждой стадии ЖЦ будет представлен соответствующей электронной структурой с прикрепленными ресурсами в ВРП, на основе которой строится следующая по ЖЦ структура и т.д.

Основу деятельности организации ОПК составляет совместное с заказчиком изделия формирование ЭСТ в рамках выполнения ОКР (НИОКР), по которым запускается проектный цикл с применением САД/САЕ-систем, создается ЦПИ, при необходимости на основе ЦПИ выполняется выпуск традиционной рабочей документации на изделие, осуществляется авторский надзор в процессе его изготовления и эксплуатации [2, 8]. Соз-

дание ЦПИ подразумевает реализацию таких основных бизнес-процессов как проектирование, конструирование и управления проектами. Остальные бизнес-процессы (например, управление персоналом, управление финансами, бухгалтерский и налоговый учет) являются обеспечивающими, но, тем не менее, также предполагают сквозное внедрение инструментов цифровой трансформации [2].

Цифровая трансформация организаций ОПК требует реорганизации основных бизнес-процессов во всех сферах их деятельности, которые представлены на рис. 6.

Следует заметить, что реализация процессов цифровой трансформации, внедрение в промышленности технологий моделирования и производства неизбежно приведет не только к оптимизации традиционных бизнес-процессов, ликвидации значительной части ручных операций, но и к появлению новых бизнес-процессов и операций. Например, сфере информационных технологий:

– управление сервисами и настройками ВРП;

– управление нормативными ресурсами в ВРП;

– управление онлайн-коммуникациями между СПД;

– обеспечение избирательного доступа к ВРП со стороны субъектов – участников ЖЦ изделия.

В различных организациях ОПК, в зависимости от специфики их деятельности, перечисленные выше сферы деятельности, имеют различную значимость. В частности, для проектных организаций ОПК, не имеющих собственного серийного производства, основной является проектно-конструкторская сфера, а для заводов, не имеющих собственного опытного конструкторского бюро – производственно-технологическая [2].

Актуальными задачами цифровой трансформации организаций ОПК являются:

– формирования требований к автоматизированным и информационно-управляющим системам на основе существующей международной и отечественной нормативной базы в области автоматизации, цифровизации и цифровой трансформации;

– исследование, систематизация и обобщение информации о цифровой зрелости ключевых технологий, применяемых организациями ОПК для информационной поддержки всех этапов ЖЦ изделий ВВСТ;

– рассмотрение возможностей применения отечественного и/или свободного ПО для решения задач цифровой трансформации деятельности организации ОПК в условиях импортозамещения и объективных ресурсных ограничений [2, 5].

Важными элементами цифровой трансформации организаций ОПК также являются:

– реализация системы управления требованиями, предъявляемых как к создаваемым изделиям ВВСТ, так и к ключевым информационно-коммуникационным технологиям, применяемым организацией ОПК – создание ЭСТ;

– создание в ВРП отдельной модели эксплуатационного процесса для каждого экземпляра проектиру-



Рис. 6. Основные сферы деятельности и их бизнес-процессы

емого изделия ВВСТ на основе объектов и процессов окружения (цифрового ландшафта), виртуальное исполнение целевых процессов на ЦПИ, анализ функциональных возможностей изделия по результатам тестовых запусков на модели;

- выработка рациональных организационно-технических решений по возможностям внедрения, эксплуатации и совершенствования уже применяемых организацией ОПК и перспективных систем информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ;

- формирование системы ключевых показателей и критериев оценки уровня ключевой зрелости производственных процессов, развития базовых информационных и производственных технологий, а также инструментов цифровой трансформации;

- внедрение и применение современных технологий управления требованиями, предъявляемыми к автоматизированным и информационно-управляющим системам.

Важную роль в процессе цифровой трансформации организаций ОПК должны занимать мероприятия, направленные на повышение кадрового потенциала:

- создание систем дистанционного обучения со специализациями в режиме избирательного доступа к ресурсам ВРП по действующим и завершенным проектам в объеме этих специализаций, а также доступа к нормативным ресурсам ВРП;

- создание системы мониторинга анализа типовых ошибок, допускаемых работниками в процессе выполнения ОКР(НИОКР), и на ее основе – практико-

ориентированной системы повышения квалификации специалистов, внедрение результатов анализа в учебный контент систем дистанционного обучения;

- создание информационного портала специалистов (по модели форумов социальных сетей) для обмена производственным опытом, сформированным на базе компетентностно-ориентированного подхода и принципах построения социальных информационных сетей;

- создание системы постоянного повышения квалификации, включающую возможность подписки сотрудников на обновления размещенных в ВРП нормативно-технических, нормативно-правовых и распорядительных документов, а также контроль их знаний на основе электронных тестов;

- создание результативной системы мотивации работников организации ОПК к освоению и внедрению в свою производственную деятельность современных инновационных технологий, автоматизированных и информационно-управляющих систем;

- создание системы постоянной сертификации руководителей и специалистов организаций ОПК, принадлежащих к различным категориям. Сертификация должна стать обязательным условием для допуска работников организаций ОПК к работам по созданию и эксплуатации изделий ВВСТ.

Важно подчеркнуть, что в современных условиях ведения хозяйственной деятельности процессы цифровой трансформации организаций ОПК невозможно

рассматривать вне интегрированных структур (ИСт), в которые они входят.

Под ИСт будем понимать головной хозяйствующий субъект, регулирующий принятие решений, а также деятельность и взаимодействие подчиненных социально-экономических субъектов (юридических и физических лиц) и их групп.

Основные принципы цифровой трансформации деятельности организации ОПК

Базовые принципы цифровой трансформации деятельности организаций ОПК с учетом их вхождения в ИСт состоят в следующем:

1. Проекты цифровой трансформации должны быть направлены на повышения операционной эффективности организаций ОПК, внедрение принципов бережливого производства, импортозамещение применяемого оборудования и ПО.

2. Создание и развитие ВРП как отдельных организаций ОПК, так и ИСт, в которую они входит, предполагает постепенный переход на поддержку сервис-ориентированной системы информационной поддержки ЖЦ создаваемых изделий ВВСТ и технологии виртуализации информационных ресурсов [5, 9].

3. К ВРП организаций ОПК должны быть подключены специалисты Военного представительства (ВП) Министерства обороны (МО) РФ, осуществляющие контроль ОКР (НИОКР), выполняемых в рамках ГОЗ.

4. Сервис-ориентированная система информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ должна базироваться ЦПИ, разрабатываемых с учетом перехода на бесчертежную технологию с применением 3D-аннотаций в составе 3D-моделей ДСЕ изделия и цифровой подписи (ASME Y 14.41) [5, 6].

5. ЦПИ должен включать в себя совокупность электронных структур изделия (в том числе, ЭСТ, проектная, производственно-технологическая, эксплуатационная структуры и др.) и связанных с ними 3D-моделей, файловых и нормативных ресурсов.

6. Создание ЦПИ должно начинаться с формирования ЭСТ к изделию ВВСТ. Основу ЭСТ должны составлять функциональные требования к изделию, пополняемые на этапах технологического проектирования, производства, проведения испытаний и эксплуатации [5].

7. Создаваемые ЦПИ должны быть встроены в эксплуатационную модель с учетом выполняемых изделием ВВСТ функций, его объектного окружения и особенностей предметной области [2, 5].

8. Разработка ЦПИ и информационная поддержка ЖЦ изделий ВВСТ должны обеспечиваться типовыми корпоративными ИТ-решениями [5].

9. В основе типовых корпоративных ИТ-решений должны лежать виртуальные модели различных видов деятельности организации ОПК, реализованные в формате конфигурируемых ИТ-сервисов в локальных автоматизированных и информационно-управляющих системах [2, 5, 9].

10. Виртуальные модели деятельности организации ОПК (научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической, финансово-экономической, эксплуатационно-технической и др.) должны включать в себя соответствующие информационные объекты ВРП, унифицированные модели бизнес-процессов, взаимосвязи этих бизнес-процессов с объектами ЦПИ [2, 5].

11. Виртуальные модели деятельности организации ОПК должны быть интегрированы в бизнес-модель «продуктов – сервисов», обеспечивающую управление стоимостью ЖЦ изделий ВВСТ.

12. Среда исполнения унифицированных бизнес-процессов должна содержать все необходимые модели деятельности участников бизнес-процессов. Модели деятельности должны быть представлены и доступны в ВРП в формате различных ролей пользователей, единиц оборудования и их функций [5, 9].

13. В рамках ИСт должны быть созданы корпоративные центры контроля защищенности ВРП всех субъектов информационного взаимодействия. Центры контроля защищенности ВРП целесообразно создавать в тесном взаимодействии с ФСТЭК России.

14. Основу ВРП должны составлять центры коллективного использования типовых корпоративных ИТ-решений, создаваемые на базе специализированного ПО и инновационного производственно-технологического оборудования.

15. Целевым состоянием ВРП является переход к применению только типовых шаблонов – корпоративных ИТ-решений (средств информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ) в рамках ОКР (НИОКР), выполняемых в рамках ГОЗ [5].

16. С целью тиражирования и организационно-технической поддержки типовых корпоративных ИТ-решений должны быть созданы соответствующие центры компетенций на базе организаций (либо структурных подразделений организаций) ИСт ОПК, заявивших свое ИТ-решение как типовое.

17. Использование типовых корпоративных ИТ-решений должно сопровождаться и закрепляться разработкой системы соответствующих корпоративных стандартов ИСт. Создаваемые центры компетенций должны обеспечивать актуализацию, развитие, информационную и техническую поддержку своих типовых корпоративных ИТ-решений, их доработку, настройку и внедрение в организациях ИСт [2, 5].

18. Актуальный перечень центров компетенций и типовых корпоративных ИТ-решений должен формироваться на основе заявок организаций ИСт и утверждается руководством ИСт.

19. При формировании и актуализации перечня типовых корпоративных ИТ-решений следует отдавать предпочтение отечественному ПО, ИТ-решениям с открытым кодом, сервис-ориентированным технологиям, степени удовлетворения коммерческого ПО уникальным требованиям организаций ИСт [5].

20. Контроль процессов цифровой трансформации организаций, входящих в ИСт, в частности результативности перехода на использование типовых корпоративных ИТ-решений, должен осуществляться посредством ИТ-аудита.

21. ИТ-аудит организаций должен осуществляться на основе утвержденной методики и предоставлять руководителям организаций и руководству ИСт объективную информацию для выработки управляющих воздействий, принятия эффективных организационно-управленческих решений.

22. Развитие ВРП ИСт должно способствовать формированию и развитию эффективных кооперационных связей между организациями ИСт по технологии «виртуального КБ». «Виртуальное КБ» является сервисом ВРП, объединяющим посредством облачных технологий типовые корпоративные ИТ-решения в единый защищенный контур (закрытое частное облако) для создания цифровых прототипов изделий ВВСТ. Участникам проектов «виртуального КБ» должны предоставляться все необходимые информационные ресурсы ВРП (ключевые компетенции, нормативные документы, информация о проектно-конструкторских и технологических возможностях, научных школах организаций ИСт и т.п.).

23. Повышение качества, сокращение стоимости и сроков разработки, уменьшение количества натурных испытаний изделий ВВСТ должны обеспечиваться сервисами ВРП ИСт, предназначенными для проведения виртуальных испытаний цифровых прототипов изделий ВВСТ с применением суперкомпьютерных технологий. Результаты виртуальных испытаний изделий ВВСТ должны постепенно признаваться как равноценные по отношению к результатам натурных экспериментов.

24. С целью проведения виртуальных испытаний изделий ВВСТ в ИСт должны создаваться корпоративные центры суперкомпьютерного моделирования с преимущественным использованием отечественных систем математического моделирования и проведения инженерных расчетов.

25. Стандартизация и унификация ресурсов многократного применения в ВРП ИСт должно поддерживаться единым центром нормативных ресурсов: сервис-ориентированной системой нормативно-справочной информации (НСИ), интегрированной с типовыми корпоративными ИТ-решениями.

26. Классификация типов объектов НСИ, а также их кодифицированное представление, должны соответствовать всероссийским, европейским и мировым классификаторам, электронным словарям [8, 9].

Необходимо также отметить, что создание в организации ОПК результативной системы мотивации специалистов к освоению и применению в своей производственной деятельности инновационных технологий, передовых средств автоматизации и информационно-управляющих систем позволит значительно ускорить цифровую трансформацию деятельности организации

ОПК и существенно повысить эффективность процессов информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ.

Целевые результаты реализации стратегии цифровой трансформации в деятельности организации ОПК

Реализация предложенного методологического подхода позволит создать в организациях ОПК, с учетом их принадлежности к ИСт, виртуальную сервис-ориентированную рабочую среду нового поколения, отличающуюся значительным повышением уровня цифровой зрелости производственных процессов, и включающую:

- переход на моделицентричное проектирование и производство, постепенный отказ от бумажных документов с on-line поддержкой со стороны обезличенных нормативных ресурсов (классификаторов, справочников, баз нормативных документов, САД-компонентов на их основе);

- автоматизацию процессов информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ с применением современных технологий создания ЦПИ;

- ввод единой системы авторизации пользователей с широким применением цифрового представления всех объектов и ролей субъектов-участников ЖЦ изделий ВВТ в ВРП;

- подключение к ВРП специалистов ВП МО РФ и создание предпосылок для приемки документации на изделие ВВСТ в электронном виде по безбумажной технологии;

- более широкое внедрение удостоверяющих центров и применение всеми СПД технологий электронной цифровой подписи для заверения файлов моделей, документов и оперативного отслеживания статусов объектов в действующих бизнес-процессах;

- закрепление в ВРП истории всех завершенных бизнес-процессов, отслеживание «цифрового следа» для каждого ЦПИ вводом технологии блокчейн с применением кодов ЭЦП;

- обеспечение электронного онлайн-взаимодействия всех организаций-участников ЖЦ изделий ВВТ, повышение эффективности взаимодействия за счет таких онлайн-технологий как мессенджер, форум, конференсинг, вебинар и т.п.;

- унификацию представления цифровых активов ВРП, гарантированное предоставление всем участникам ЖЦ изделий ВВСТ защищенных кросс-платформенных сетевых сервисов вне зависимости от их территориального расположения, постепенный уход от работы с файлами к работе с электронными структурами, публикуемыми в ВРП;

- унифицированное представление в ВРП нормативных ресурсов (создание центра нормативных ресурсов) на основе всех применяемых в ИСт (или отрасли) справочников, классификаторов, стандартных САД-моделей изделий и покупных комплектующих изделий;

- унификацию 3D-моделей типовых конструкций, широко применяемых в ЦПИ как компонентов, раз-

витие технологий генеративного дизайна с применением объектов НСИ из центра нормативных ресурсов;

– совершенствование целевой ИТ-инфраструктуры ВРП территориально-распределенных предприятий ИСт на базе унифицированных прикладных информационных систем и ИТ-сервисов;

– централизованное управление развитием информационно-коммуникационных технологий на всех предприятиях, входящих в ИСт;

– развитие средств виртуализации процессов информационной поддержки ЖЦ изделий ВВСТ с приоритетным использованием свободно распространяемого отечественного ПО.

Заключение

Весьма динамичные изменения, связанные с осложнением эпидемиологической обстановки, существенно ускорили процесс цифровой трансформации российских организаций, в том числе организаций ОПК. Им пришлось осуществлять глубокие изменения традиционно сложившихся процессов производственной деятельности из-за необходимости организации удаленной работы сотрудников и изменения принципов их взаимодействия. Вместе с тем цифровая трансформация создала предпосылки к преобразованию бизнес-модели деятельности современных организаций ОПК.

Решение вопросов цифровой трансформации организаций ОПК тесно связано с концепцией его инновационного развития и маркетинговой стратегией, программами и проектами повышения операционной эффективности и внедрения принципов бережливого производства, планами по импортозамещению материалов, покупных комплектующих изделий, применяемых аппаратно-программных средств, стратегией кадрового обеспечения и повышения квалификации персонала и т.д.

Успех цифровой трансформации обуславливается множеством факторов и, прежде всего, учетом особенностей каждой организации ОПК и ситуации, в которой она находится. При этом главные элементы успеха остаются неизменными – это согласованность стратегических процессов и специалисты, способные реализовывать системные изменения на постоянной основе, а также способные меняться сами, менять среду вокруг себя и свою организацию.

Таким образом, поэтапная реализация предложенных принципов цифровой трансформации органи-

зации ОПК создаст предпосылки для формирования принципиально новой модели ее производственной деятельности, повышения качества выпускаемой продукции и предоставляемых услуг, расширения их спектра, оптимизации расходов, развития цифровых компетенций работников и др.

Список литературы

1. *Щеглов Д.К.* Цифровая трансформация и цифровые тренды в промышленности // Тезисы выступления на научно-практическом семинаре «Цифровая трансформация в науке, производстве и образовании», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова, 2020. <https://www.voenmeh.ru>
2. *Тимофеев В.И., Щеглов Д.К.* Концептуальные основы цифровой трансформации проектно-конструкторской деятельности высокотехнологичных предприятий промышленности // Актуальные проблемы экономики и управления. 2020. №2(26). – С. 43 – 49.
3. *Травлинский А.В., Щеглов Д.К.* Концепция CALS и интегрированные системы менеджмента как инструменты повышения эффективности управления организаций ОПК // Военмех. Вестник БГТУ. 2014. № 20. С. 294 – 299.
4. Цифровая трансформация в России – 2020. Обзор и рецепты успеха. Аналитический отчет КМДА. –
5. *Щеглов Д.К., Дмитриева Е.А., Матвеев С.А. и др.* Инновационные подходы и технологии информационного обеспечения процессов создания и эксплуатации РКТ // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2017. №4 (136). – С. 9 – 13.
6. *Пиликов Н.А.* Объемное проектирование изделий машиностроения с применением стандартов 3-мерного документирования. Конструкторские задачи // Металлообработка. 2010. №5 (59). С. 49 – 53.
7. *Бабурина И.А., Губайдуллина Э.Э.* Основные особенности предприятий оборонно-промышленного комплекса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: тезисы VI Всерос. науч.-практ. конф. творческой молодежи.: Т. 2 Социально-экономические и гуманитарные науки. СибГУ. Красноярск. 2010. С. 8 – 9.
8. *Пиликов Н.А.* Электронный документооборот и цифровая подпись в условиях использования CAD/CAM систем конструкторско-технологической подготовки производства // CADmaster. 2006. №3 (33). С. 56 – 59.
9. *Алексеева В.Ю., Пиликов Н.А., Щеглов Д.К.* Некоторые перспективные направления развития информационного обеспечения жизненного цикла сложных технических систем // Инновации. 2015. №2 (196). С. 116 – 120.

Щеглов Дмитрий Константинович – канд. техн. наук, доцент, начальник расчетно-исследовательского отделения АО «Конструкторское бюро специального машиностроения», заведующий базовой кафедрой «Средства ВКО и ПВО» Северо-Западного регионального центра Концерна ВКО «Алмаз – Антей» в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;

Пиликов Николай Анатольевич – генеральный директор ООО «Глосис-Сервис»;

Тимофеев Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатации и управления аэрокосмическими системами» СПб ГУАП.