

УДК 658.5+004.9

DOI: 10.22213/2413-1172-2024-2-25-36

## Концепция построения интегрированной цифровой экосистемы для повышения качества продукции и услуг предприятий оборонно-промышленного комплекса

Д. К. Щеглов, кандидат технических наук, доцент, АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» – Обуховский завод», Санкт-Петербург, Россия

А. Г. Сайбель, доктор технических наук, доцент, АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» – Обуховский завод», Санкт-Петербург, Россия

*Исследование и развитие систем управления материальными, техническими и интеллектуальными ресурсами является ключевым направлением совершенствования производственных процессов в современном мире. В последние годы особенно актуальным стал вопрос объединения различных систем управления, что обусловлено широким распространением систем менеджмента качества и их сертификации на соответствие актуальным нормативным требованиям. В настоящей работе предпринята попытка объединить преимущества применения технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий, таких как управление данными и информацией, с концепцией цифровых двойников, включая виртуальное проектирование, создание цифровых моделей изделий и их анализ в реальном времени. В работе выполнен анализ составляющих элементов обобщенного процесса проектирования и изготовления изделия, рассмотрены вопросы построения интегрированной цифровой экосистемы для повышения качества продукции и услуг предприятий оборонно-промышленного комплекса, в основу которой заложена интеграция технологий непрерывной информационной поддержки изделий на основе их цифровых двойников и интегрированной системы менеджмента качества. Показано, что подход к оцениванию эффективности целенаправленных процессов необходимо дополнить риск-ориентированной моделью, которая включает в себя сценарии реагирования на проявление потенциальных негативных последствий функционирования целеустремленной организационно-технической системы. Представлена структурная схема и формализованное описание обобщенной модели информационной поддержки изделия, которые позволяют интегрировать частные показатели качества в единый стратегический результат. В итоге предложена концепция построения интегрированной цифровой экосистемы предприятия оборонно-промышленного комплекса, ориентированной на повышение всеобщего качества продукции и услуг.*

**Ключевые слова:** цифровая экосистема, система менеджмента качества, концепция цифровой экосистемы, оборонно-промышленный комплекс.

### Введение

Ретроспективный анализ деятельности предприятий российской промышленности позволяет заключить, что за последние тридцать лет кардинальные изменения произошли не столько в подходах к организации производства, сколько в расширении номенклатуры выпускаемой продукции и спектра их технических возможностей.

В частности, с начала 1990 годов и по настоящее время в России продолжается реформирование оборонно-промышленного комплекса (ОПК), направленное на интеграцию организаций, занимающихся процессами разработки, производства и обслуживания выпускаемой продукции в различных секторах экономики, в особенности таких, как противовоздушная оборона, судостроение, авиастроение, тактическое ракетное вооружение и др.

Несмотря на сохранение устаревших моделей организации производственной деятельности, такие интегрированные структуры смогли добиться повышения качества выпускаемой продукции и предоставляемых услуг за счет внедрения цифровых инноваций в области вычислительной техники и телекоммуникационных сетей [1].

Стандартизация процессов проектирования, основанная на современных информационных технологиях, и согласование форматов представления проектной документации с системой управления производственным оборудованием значительно ускорили процесс постановки изделий вооружения и военной техники (ВВТ) на производство [2]. Это ускорение обусловлено применением цифровых прототипов и двойников изделий, а также инструментов моделирования и оптимизации процессов из-

готовления опытных образцов создаваемых изделий [3].

Тем не менее даже среди специалистов все еще существует распространенное заблуждение о том, что разработка комплекта электронных конструкторских документов на изделие, включая 3D-модели, является главным этапом его создания. Однако реальная практика продолжает показывать, что превращение электронных файлов в физический продукт требует не менее, а иногда и более значительных материальных и интеллектуальных ресурсов.

Переход к новым бизнес-моделям сервис-ориентированной экономики кардинальным образом изменил подходы к созданию высокотехнологичных изделий ВиВТ и управлению ее жизненным циклом, что, в свою очередь, значительно повлияло на процессы организации промышленного производства. В полной мере это относится и к интегрированным структурам ОПК, характеризующимся повышенными требованиями к качеству и надежности выпускаемой продукции, ее сложностью и наукоемкостью, территориальной разветвленностью кооперации и многими другими особенностями.

Таким образом, в области организации промышленного производства можно выделить проблемную ситуацию, состоящую в наличии системного противоречия между достижимостью оптимальности процесса управления производством в целом и оптимальности его составных частей.

**Целью** выполненного исследования является разрешение указанного выше противоречия за счет разработки концепции построения интегрированной цифровой экосистемы предприятия ОПК.

В рамках проведенного исследования цель достигается за счет решения следующих задач:

- проведение анализа аксиоматического базиса моделей процесса производства;
- рассмотрение возможных направлений комплексирования систем управления промышленным производством;
- формирование принципиальной функциональной модели интегрированной цифровой экосистемы продуктов и услуг;
- рассмотрение вопроса интеграции различных систем менеджмента промышленного предприятия в цифровую экосистему.

#### **Анализ аксиоматического базиса моделей процесса производства**

С научной точки зрения, основанной на физических законах, сформулированных в рамках естествознания и философии, производствен-

ный процесс может быть рассмотрен как некое преобразование материальных ресурсов, таких как сырье, материалы, детали и электронные компоненты, в готовое изделие или его составные части в реальном трехмерном пространстве в течение определенного времени с затратой энергии. В этом процессе участвуют люди, механизмы, транспортные средства, измерительные приборы, станки, оборудование и др.

Важно отметить, что каждый из перечисленных элементов также представляет собой результат выполнения конкретных физических процессов, которые в некоторых случаях имеют свои уникальные характеристики и названия, такие как обучение, воспитание, хранение, добыча и др. Основной целью оптимизации производства является минимизация всех видов затрат при сохранении требуемого качества продукции. Такая оптимизация достигается путем устранения излишних перемещений, избыточных элементов и связей, устранения задержек и простоев, а также путем повышения производительности работ с помощью внедрения автоматизации и других методов.

Применение положений теории жизненного цикла позволяет оптимизировать расходы производственного предприятия на изготовление изделия, учитывая будущие ремонтные работы и сервисные услуги, включая этапы модернизации и утилизации.

Риск-ориентированный подход способствует выявлению новых возможностей для экономической оптимизации производства путем сокращения буферных этапов. В последние десять лет наблюдается активное развитие методологии, основанной на снижении издержек на складские запасы. Наилучший вариант – отсутствие склада – требует создания высокоэффективной логистической системы, обеспечивающей доставку комплектующих в требуемую точку в заданный момент времени. Выполнение такого требования невозможно без широкого использования навигационной информации и средств телекоммуникаций, позволяющих прогнозировать ключевые события логистического процесса обеспечения производства. Небольшие отклонения в логистических процедурах от идеала могут быть сглажены гибкими алгоритмами производственного цикла. Однако авария контейнеровоза «Эвер Гивен» в марте 2021 г. ярко продемонстрировала, как маловероятное событие может привести к колоссальным убыткам [4], если используется риск-ориентированный подход, основанный на усредненных оценках вероятности критических событий.

Важно отметить, что даже высококвалифицированные специалисты с обширным опытом иногда могут подвергаться заблуждениям, которые имеют научную основу. Каждая теория создается как структурированная система заключений, которые формируются на основе предположений и допущений, называемых аксиомами. Эти аксиомы определяют пределы применимости теории. Когда эти предположения и допущения являются довольно ограниченными, применение теории на практике может приводить к желаемым результатам и создавать убеждение в универсальности данного подхода к решению всех задач в данной области.

Тем не менее редкие события, которые нарушают аксиомы, могут иметь неожиданные последствия, которые часто трудно предвидеть или представить заранее.

В качестве примера можно рассмотреть подход, используемый в теории эффективности целенаправленных процессов, в которой эффективность рассматривается как вероятностная мера успешности процесса преобразования потенциально доступных материальных и временных ресурсов в искомый целевой эффект требуемого объема.

В общем случае результат создания продукта или услуги определяется вероятностью достижения цели  $P_{дц}$  [5]:

$$P_{дц} = (Q \geq Q_{тр} \cap C \leq C_{доп} \cap T \leq T_{дир}),$$

где  $Q, C, T$  – показатели результативности, ресурсоемкости и оперативности;  $Q_{тр}, C_{доп}, T_{дир}$  – требуемая результативность, допустимая ресурсоемкость и директивная оперативность соответственно.

При этом не учитывается, что при анализе и сравнении альтернативных способов достижения требуемого результата подлежат обязательному оцениванию и последствия (риски), связанные с потенциальным недостижением цели, имеющим вероятность  $P_{ндц} = 1 - P_{дц}$ . То есть не происходит соизмерение цены и риска, приемлемых для достижения требуемого результата. Принятие управленческих решений, если  $P_{дц1} < P_{дц2}$ , но при этом недостижение цели  $P_{ндц1} \gg P_{ндц2}$  требует проведения дополнительных исследований с обработкой информации из различных систем менеджмента.

Тем не менее внутренняя потребность в совершенстве, которая присуща человечеству, побуждает искать способы создания оптимальных производственных структур, приспособленных

к динамично изменяющимся условиям внешней среды [6]. Исходя из того, что человек занимается производством уже на протяжении многих столетий, а последние несколько веков – в форме промышленных предприятий, практически все целесообразные подходы к улучшению были выявлены и реализованы в различных вариациях. Поэтому успешные совершенствования сегодня могут происходить и развиваться только при глубоком осознании изменений, которые в настоящее время наблюдаются как в технологиях, так и в обществе.

### **Направления комплексирования систем управления промышленным производством**

Одной из значимых характеристик нашей эпохи является всеобъемлющий процесс цифровизации [7]. Под этим термином в широком смысле понимается масштабное внедрение высокопроизводительных вычислительных систем в комплексе с высокоскоростными каналами связи, реализуемыми разветвленными сетями передачи данных. Указанные технические средства позволяют на основе универсальных интерактивных интерфейсов осуществлять координированные действия совокупностей исполнителей, а также выполнять функции информационного обеспечения и поддержки принятия решений.

Можно выделить два основных подхода к модернизации существующего предприятия или созданию нового. Первый подход заключается в том, чтобы использовать опыт успешно функционирующих предприятий и адаптировать его для своих нужд. Второй подход заключается в формировании и последующей реализации образа идеального предприятия, базирующего на научно обоснованных теоретических достижениях.

Первый подход часто применим в случае производства товаров массового потребления. Однако в условиях высокой международной конкуренции, особенно в области разработки и производства вооружений и военной техники, где отставание в уровне развития техники и ее количественном составе представляет угрозу национальной безопасности, второй подход представляется едва ли не единственно возможным.

Разработка концепции идеального образа перспективного предприятия ОПК должна базироваться на передовых достижениях науки, включая такие ее отрасли, как организация производства, информационные технологии и социология [8].

В современном представлении об организации производства активно, но изолированно развиваются методические подходы и инструментальные средства двух концепций: *CALS* (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывные поставки и информационная поддержка жизненного цикла продукции) [9] и цифровых двойников. В России *CALS*-технологии получили аббревиатуру ИПИ – информационная поддержка изделия [9].

Обе концепции базируются на достижениях цифровых технологий, но ориентированы на различные аспекты продукта, в качестве которого выступает изделие или услуга.

Таким образом, представляется целесообразным объединить преимущества, ретроспективный опыт эволюции и применения ИПИ-технологий, связанных с управлением данными и информацией, с преимуществами современной концепции цифровых двойников, связанными с виртуальным проектированием, созданием цифровых моделей изделий и их анализом в реальном времени. Достижимый синергетический эффект будет способствовать более эффективному управлению продукцией и услугами на предприятиях ОПК, повышению их конкурентоспособности и адаптации к изменяющимся условиям рынка.

#### **Понятие и модель интегрированной цифровой экосистемы**

Предлагаемое объединение информационной поддержки изделий и цифровых двойников назовем *интегрированной цифровой экосистемой продуктов и услуг* (ИЦЭПУ), представляющей собой комплекс взаимосвязанных цифровых сервисов и технологий, обладающих некой ценностью для пользователей и организаций в цифровой среде [10, 11].

Внедрение концепции ИЦЭПУ в ОПК может значительно улучшить их операционную эффективность, конкурентоспособность и инновационное развитие за счет наличия следующих основных отраслевых особенностей.

*Сильная зависимость от государственного оборонного заказа.* Государство имеет возможность влиять на процессы внедрения ИЦЭПУ на предприятиях ОПК, включая предоставление финансовой поддержки.

*Наличие военного представительства Министерства обороны РФ.* Участие государства через военные представительства Министерства обороны в контуре управления жизненного цикла изделий ВиВТ и услуг обеспечивает действенное регулирование процессов внедрения ИЦЭПУ на предприятиях ОПК.

*Стандартизация процессов жизненного цикла изделий ВиВТ.* Государственные стандарты выступают основой для разработки и внедрения ИЦЭПУ на предприятиях ОПК, определяя требования к системам управления, обмену данными, безопасности и другим процессам.

*Долгосрочный и капиталоемкий характер производства.* Создание ИЦЭПУ позволит оптимизировать управление капиталом и ресурсами, повышая прозрачность финансовых потоков и управление инвестициями в долгосрочные проекты.

*Эволюция трудовых коллективов в процессе жизненного цикла изделий ВиВТ.* Создание ИЦЭПУ обеспечит сохранение и передачу знаний и опыта между различными группами сотрудников, снижая влияние смены персонала на производственные процессы и качество продукции.

*Высокий уровень наукоёмкости производства изделий ВиВТ.* Создание ИЦЭПУ способствует внедрению эффективных методов проектирования и производства продукции военного назначения.

*Ограниченные возможности по передаче информации и технологий.* Создание ИЦЭПУ обеспечит безопасную и эффективную передачу и обмен информацией и технологиями между различными участниками жизненного цикла оборонной продукции.

*Наличие конверсионного производства.* Создание ИЦЭПУ обеспечит гибкое использование производственных мощностей для различных типов продукции военного, гражданского и двойного назначения, оптимизируя использование оборудования и ресурсов.

Важно подчеркнуть, что объединение в ИЦЭПУ требует применения дополнительных технологий. Создание единого информационного пространства для сбора, обработки и анализа данных из различных источников, включая данные о продукте, производственные данные, данные об обслуживании и другие, достигается благодаря технологиям интеграции данных. Управление производством, обслуживанием или эксплуатацией продукции в реальном времени осуществляется с помощью технологий сбора и анализа данных о состоянии продукта. Обмен данными, совместная работа специалистов и координация производственных процессов осуществляются при помощи технологий организации совместной работы и единых коммуникаций. Планирование технического обслуживания и ремонта, управление запасами, оптимизация маршрутов доставки деталей и сборочных единиц реализуются с ис-

пользованием технологий управления процессами обслуживания и логистики.

Основные концептуальные принципы построения ИЦЭПУ представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Принципы построения интегрированной цифровой экосистемы продуктов и услуг

Fig. 1. Principles of building an integrated digital ecosystem of products and services

Как видно из рисунка 1, концепция построения ИЦЭПУ включает следующие принципы [12–14]:

- интеграция данных и информации – обеспечение сбора, хранения и анализа данных о продуктах и услугах, а также связанных с ними процессах и деятельности;

- создание цифровых двойников – разработка виртуальных моделей продукции и связанных с ней процессов, которые актуализируются на основе данных с реальных объектов производства и событий;

- управление жизненным циклом продукции и услуг – оптимизация всех этапов жизненного цикла продукции и предоставления услуг, включая разработку, производство, логистику, обслуживание и утилизацию;

- мониторинг и анализ данных – использование данных из цифровых двойников для непрерывного мониторинга и анализа состояния и производительности продукции и услуг;

- управление обслуживанием и логистикой – оптимизация обслуживания и логистических операций на основе данных о состоянии продукции, что позволяет снизить затраты и увеличить надежность поставок;

- совместная работа и единые коммуникации – создание условий для совместной работы различных участников в экосистеме, обеспечивая обмен информацией и принятие организационно-технических и управленческих решений.

Создание ИЦЭПУ подразумевает интеграцию следующих типов данных:

- данные об изделии, включающие в себя технические характеристики, состав, используемые материалы, а также информацию о качестве и другие параметры;

- производственные данные, представленные информацией об операционной деятельности, использовании ресурсов и другими характеристиками производственных процессов;

- данные об обслуживании изделия и состоянии производственной инфраструктуры, включающие в себя информацию о техническом обслуживании, проведении ремонтных работ, а также различные данные, собранные системами мониторинга и контроля.

Периодичность передачи данных в ИЦЭПУ определяется в зависимости от конкретных потребностей участников жизненного цикла изделия ВиВТ, а также особенностей организации бизнес-процессов. Некоторые данные могут пе-

редаваться в реальном времени, например, данные о состоянии оборудования или процессов производства, в то время как другие могут передаваться периодически, например, результаты испытаний.

Результатом передачи данных является обеспечение актуальной информации для принятия управленческих решений, оптимизации производственных процессов, обеспечения качества продукции и обслуживания, а также повышения эффективности всей цепочки производства и обслуживания.

Активное внедрение компьютерных технологий, перспективных систем обеспечения качества продукции и эффективно работающих сертифицированных систем менеджмента качества (СМК) являются одними из приоритетных задач по модернизации организаций ОПК и формированию опережающего научно-технического задела. В связи с этим использование концепции информационной поддержки изделия является одним из перспективных инструментов повышения эффективности организаций ОПК при модернизации существующих и создании новых образцов ВиВТ, а также обеспечения установленного заказчиками качества ВиВТ на всех этапах жизненного цикла [15]. Концепция информационной поддержки изделия заключается в переходе на безбумажную электронную технологию и повышении эффективности бизнес-процессов за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех этапах ЖЦ изделия.

Основное содержание концепции информационной поддержки изделия, принципиально отличающее ее от других концепций, составляют три группы инвариантных понятий, которые (полностью или частично) реализуются в течение жизненного цикла изделия. Эти инвариантные понятия можно условно представить в следующем виде:

$$S = (R, U, D),$$

где множество  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_6\}$  – базовые принципы концепции информационной поддержки изделия:

$r_1$  – системная информационная поддержка ЖЦ изделия на основе использования интегрированной информационной среды, обеспечивающая минимизацию затрат в ходе ЖЦ;

$r_2$  – информационная интеграция за счет стандартизации информационного описания объектов управления;

$r_3$  – разделение программ и данных на основе стандартизации структур данных и интерфейсов доступа к ним, ориентация на готовые коммерческие программно-технические решения (*Commercial Of The Shelf – COTS*), соответствующие требованиям стандартов;

$r_4$  – безбумажное представление информации, использование электронно-цифровой подписи;

$r_5$  – параллельный инжиниринг (*Concurrent Engineering – CE*) – методология организации процесса проектирования и разработки продуктов, которая подчеркивает совместную работу и взаимодействие множества функциональных групп и дисциплин в организации с самого начала проекта;

$r_6$  – непрерывное совершенствование бизнес-процессов (*Business Processes Reengineering – BPR*).

Множество  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_4\}$  – базовые управленческие технологии, к которым относятся технологии управления бизнес-процессами, инвариантные по отношению к образцу ВиВТ, а именно:

$u_1$  – управление проектами и заданиями (*Project Management / Workflow Management – PM / WM*);

$u_2$  – управление ресурсами (*Manufacturing Resource Planning – MRP*);

$u_3$  – управление качеством (*Quality Management – QM*);

$u_4$  – интегрированная логистическая поддержка (*Integrated Logistic Support*).

Множество  $D = \{d_1, d_2, d_3\}$  – базовые технологии управления данными:

$d_1$  – об изделии (образце ВиВТ);

$d_2$  – о процессах;

$d_3$  – о ресурсах и среде.

Представленное выше формализованное описание является основой для построения предметной онтологии – формализованного описания знаний в области организации и цифровой трансформации промышленного производства посредством концептуальной схемы – множества понятий и их атрибутов (свойства, отношения, ограничения, аксиомы и утверждения о понятиях, необходимых для описания процессов избранной предметной области).

Можно выделить следующие преимущества применения концепции ИЦЭПУ в организациях ОПК.

1. Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий и безбумажного документооборота обеспечит значительное повышение оперативности и эффективности процессов управления проектами, проектирования, подготовки производства продукции и изготовления.

2. Стандартизация информационного описания объектов управления, структур данных и интерфейсов доступа к ним, процессов проектирования обеспечит унификацию «языка общения» между разработчиками и изготовителями ВиВТ.

3. Использование единого информационного пространства, включающего в себя заказчиков, разработчиков и изготовителей ВиВТ, эксплуатирующих организаций, позволит:

- сократить время планирования создания продукции, процессов ее проектирования (управления проектами с применением параллельного инжиниринга, использования оперативного доступа к базам данных покупных и комплектующих изделий), постановки на производство и само производство продукции (учитывая большой объем кооперации);

- оперативное получение информации о состоянии и качестве продукции на всех этапах ее жизненного цикла.

Исходя из описанных преимуществ, применение концепции ИЦЭПУ в организациях ОПК является перспективным и необходимым механизмом сокращения сроков создания современных образцов ВиВТ, повышения эффективности процессов их жизненного цикла, а также обеспечения установленного уровня качества ВиВТ.

Вопросы повышения эффективности организаций ОПК целесообразно рассматривать как комплексные задачи, базирующиеся на анализе и опыте использования различных стандартов в области систем менеджмента.

С этой точки зрения организации ОПК представляют особый интерес в силу их традиционной инновационной направленности, наличия единой нормативно-правовой базы, наличия SMK, сертифицированных на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» и ГОСТ РВ 0015-002–2020 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Требования». Кроме того, в организациях ОПК, как правило, реализован сквозной цикл создания изделий, начиная от технического задания и завершая утилизацией.

Существует целый ряд международных и национальных стандартов, устанавливающих требования к созданию и совершенствованию эффективных систем менеджмента организаций, основой которых является SMK.

Основными межнациональными, межгосударственными и национальными стандартами в области менеджмента организаций являются следующие ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ 12.0.230–2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования», ГОСТ Р ИСО 14001–2016 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению», ГОСТ Р ИСО 14004–2017 «Системы экологического менеджмента. Общие руководящие указания по внедрению».

Особое место в SMK организаций, участвующих в работах по созданию ВиВТ, занимает ГОСТ РВ 0015-002–2020, который содержит требования ГОСТ Р ИСО 9001–2015 и дополнения к ним, отражающие специфику обеспечения качества на всех стадиях ЖЦ ВиВТ в соответствии с действующими стандартами СРПП ВТ и другими государственными военными стандартами. Следует подчеркнуть, что ГОСТ РВ 0015-002–2020 направлен на применение *процессного подхода* при разработке, внедрении и улучшении результативности SMK применительно к ВиВТ с целью повышения удовлетворенности заказчиков (потребителей) путем выполнения их требований.

#### **Интеграция систем менеджмента в цифровую экосистему**

Эффективность SMK, создаваемых в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 9001 в начале 2000 годов (сейчас ISO 9001:2015), зависит от понимания и реализации восьми принципов менеджмента качества, сформулированных в стандарте ISO 9000:2000. Важнейшим из них является *системный подход к менеджменту*. При системном подходе возникает необходимость в интегрированной системе менеджмента (ИСМ) организации, удовлетворяющей требованиям всех заинтересованных сторон. Поэтому в последнее время в различных организациях, в том числе и в организациях ОПК, стала активно развиваться работа по интеграции SMK другими системами менеджмента [16]. Вопрос об объединении различных систем менеджмента стал особенно актуальным в последние годы после массового внедрения

СМК и сертификации их на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2015.

Значение ИСМ со временем будет только возрастать, так как об этом свидетельствует мировая практика [17]. Для успешного представления организаций ОПК на внутреннем и мировом рынках становится необходимым наряду с СМК внедрять системы экологического менеджмента, системы менеджмента

безопасности труда и здоровья, осваивать модели совершенствования бизнеса и другие инициативы в области качества. Таким образом, в настоящее время формируется новое направление, которое можно назвать «Системный менеджмент организации, ориентированный на всеобщее качество» [18, 19]. Схематически это понятие представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Системный менеджмент организации, ориентированный на всеобщее качество

Fig. 2. Organization-wide quality-oriented system management

Из анализа рисунка 2 видно, что системный менеджмент организации образуется путем интеграции СМК, основанной на семействе стандартов ISO 9000, со следующими системами менеджмента, базирующимися на других международных стандартах или соглашениях, признаваемых за стандарты:

- Модель совершенствования бизнеса (EFQM – модель делового совершенства Европейского фонда менеджмента качества; MBNQA – модель премии М. Болдриджа; BPR – реинжиниринг бизнес-процессов и другие модели) [20].

- Система экологического менеджмента (МС ISO 14001:2015 «Системы экологического менеджмента. Требования и рекомендации по применению»). В России аналогичный стандарт ГОСТ Р ИСО 14001–2016.

- Система менеджмента безопасности труда и здоровья (ГОСТ Р ИСО 45001–2020 «Системы

менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению» и ГОСТ 12.0.230–2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования»).

- Система социального и этического менеджмента SA 8000:2014 “Social Accountability 8000. International Standard by Social Accountability International” («Корпоративная социальная ответственность»).

- Отраслевая СМК (в автомобильной промышленности ГОСТ Р 58139–2018 «Системы менеджмента качества. Требования к организациям автомобильной промышленности»; в пищевой промышленности НАССР ГОСТ Р 51705.1–2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования»; в оборонной промышленности ГОСТ РВ 0015-002–2020; в ракетно-кос-

мической промышленности ОСТ 134-1028–2012 «Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий, участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий».

- Система менеджмента защиты информации BS 7799-1:1999 «Информационные технологии. Свод правил по управлению защитой информации». Принят как международный стандарт ISO/IEC 17799:2000 и BS 7799-2:2002 «Системы менеджмента информационной безопасности». Принят ИСО в качестве международного стандарта ISO 27001:2005 и на его базе действует национальный стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2021 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования».

В настоящее время во многих странах уже вышли свои национальные нормативные документы, устанавливающие требования к интегрированным системам менеджмента организации, некоторые из них приведены ниже.

- AS/NZS 4581:1999 Management system integration – Guidance to business, government and community organizations («Интеграция системы менеджмента – руководство организациям, представляющим бизнес, правительство и общество»). Организации по стандартам Австралии и Новой Зеландии.

- HB 139-2003 Guidance on Integrating the Requirements of Quality, Environment, and Health and Safety Management System Standards («Руководство по интеграции требований стандартов систем менеджмента качества, окружающей среды, здоровья и безопасности»). Организации по стандартам Австралии и Новой Зеландии.

- FD X 50-189:2003 Systemes de management – Lignes directrices pour leur integration («Системы менеджмента – руководящие указания для их интеграции»). Французская Ассоциация по стандартизации (AFNOR).

- ONORM S 2095-1:2004 Integriertes Management – Qualitätssicherung, Umwelt, Gesundheit und Sicherheit – Teil 1: Festlegung der grundsatzlichen Anforderungen («Интегрированный менеджмент – обеспечение качества, окружающая среда, здоровье и безопасность. Часть 1; Определение базовых требований»). Австрийский институт стандартов (Osterreichischen Normungsinstituts).

- PAS 99:2006 Specification of common management system requirements as a framework for integration («Спецификация требований системы общего менеджмента как рамочная структура

для интеграции»). Британский институт стандартов (BSI) и др.

- Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента, регламентированные ГОСТ Р 53893–2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента».

Следует отметить, что исследования и разработки в области построения ИСМ российских организаций ОПК, ориентированные на всеобщее качество, находятся сейчас в начальной стадии своего развития. На данный момент не известно ни одного случая создания полностью интегрированной и сертифицированной системы менеджмента. Интеграция систем менеджмента пока идет методом добавления автономных систем менеджмента друг к другу и их последовательной сертификацией на соответствие существующим международным и национальным стандартам.

Однако вышеприведенный анализ показывает, что создание ИСМ, ориентированной на всеобщее качество, позволяет организации получить следующие положительные результаты:

- обеспечить большую согласованность действий внутри организации, создавая тем самым синергетический эффект, заключающийся в том, что общий результат от согласованных действий и сотрудничества выше, чем сумма отдельных результатов;

- минимизировать функциональную разобщенность в организации, возникающую при наличии автономных систем менеджмента;

- упростить систему управления организацией за счет того, что число внутренних и внешних связей в ИСМ значительно меньше, чем суммарное число этих связей в нескольких системах менеджмента;

- сократить число документов за счет того, что для документирования интегрированной системы требуется их значительно меньше, чем для документирования нескольких параллельных систем менеджмента;

- сократить затраты на разработку, функционирование и сертификацию различных систем менеджмента организации, поскольку затраты на обеспечение функционирования ИСМ значительно ниже, чем суммарные затраты при использовании нескольких систем менеджмента;

- упростить, сократить и удешевить проведение внутренних аудитов и инспекционных проверок ИСМ за счет ликвидации дублирования и повторов, имеющихся при автономных системах менеджмента.

Привлекательность таких результатов делает внедрение ИСМ, ориентированных на всеобщее качество, актуальным и весьма перспективным направлением совершенствования предприятий ОПК и в сочетании с применением концепции информационной поддержки изделия и цифровых двойников обеспечивает повышение эффективности процессов жизненного цикла изделий ВиВТ.

### Выводы

В рамках выполненного исследования выявлена проблемная ситуация, состоящая в наличии системного противоречия между достижимостью оптимальности процесса управления производством в целом и оптимальности его составных частей. С целью разрешения этого противоречия сформулирована научная задача формирования концепции построения интегрированной цифровой экосистемы продуктов и услуг предприятия ОПК.

Декомпозиция научной задачи на частные подзадачи позволила сформировать модель исследуемого объекта, включающую базовые принципы ИПИ, управленческие технологии и технологии работы с данными.

Агрегирование выводов из выполненного анализа прецедентов и прототипов позволило предложить комплексное решение, обеспечивающее достижение поставленной цели. Это решение представляет собой интегрированную систему управления качеством жизненного цикла продукции, начиная от ее разработки и заканчивая техническим и сервисным обслуживанием.

### Библиографические ссылки

1. Сайбель А. Г., Щеглов Д. К. Цифровизация и цифровые технологии: от происхождения термина до его современного использования // Радионавигация и время: труды СЗРЦ «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». 2023. № 13 (21). С. 118–135.
2. Lukas Budde, Christoph Benninghaus, Roman Hänggi and Thomas Friedli (2022) Managerial Practices for the Digital Transformation of Manufacturers. *Digital*, no. 2, pp. 463-483. DOI: <https://doi.org/10.3390/digital2040025>
3. Теоретические основы применения концепции цифровых двойников для создания интеллектуальной системы мониторинга технического состояния и обслуживания сложной наукоемкой продукции // Д. К. Щеглов, М. Н. Ещенко, А. П. Борина, А. А. Ухов // Судостроение. 2023. № 5 (870). С. 21–26.
4. Сонин Ф. С. Блокировка Суэцкого канала: авария контейнеровоза «Эвер Гивен» // Океанский менеджмент. 2021. № 4 (13). С. 56–60.
5. Петухов Г. Б., Якунин В. И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем : монография. М. : АСТ, 2006. 504 с.
6. Sanches R.A. de O., Ferreira E. de P., & Parreiras F.S. (2021) Organization Culture and Quality Management System: A Systematic Literature Review. *Revista Gestão Da Produção Operações E Sistemas*, no. 16 (1). DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v16i1.2700>
7. Barisic A.F., Rybacka Barisic J., & Miloloza I. (2022) Digital Transformation: Challenges for human resources management. *ENTRENOVA – ENTERPRISE RESEARCH INNOVATION*, no. 7, pp. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.54820/GTFN9743>
8. Zoltán Krajcsák (2019) Implementing Open Innovation Using Quality Management Systems: The Role of Organizational Commitment and Customer Loyalty. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 5, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc5040090>
9. Егоров И. С. Анализ эффективности применения CALS-технологий на предприятиях // Перспективы науки. 2019. № 5 (116). С. 29–32.
10. Koch M., Krohmer D., Naab M., Rost D., Trapp M. (2022) A matter of definition: Criteria for digital ecosystems. *Digital Business*, vol. 2, no. 2, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100027>
11. Li W., Badr Y., Biennier F. (2012) Digital ecosystems: challenges and prospects. *MEDES'12: Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Eco Systems*, October. pp. 117-122. DOI: <https://doi.org/10.1145/2457276.2457297>
12. Cozzolino A., Corbo L., & Aversa P. (2021) Digital platform-based ecosystems: The evolution of collaboration and competition between incumbent producers and entrant platforms. *Journal of Business Research*, vol. 126, pp. 385-400.
13. Chen A., Lin Y., Mariani M. (2023) Entrepreneurial growth in digital business ecosystems: an integrated framework blending the knowledge-based view of the firm and business ecosystems. *Technology Transfer*, vol. 48, pp. 1628-1653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-023-10027-9>
14. Fundin A., Lilja J., Lagrosen Y., & Bergquist B. (2020). Quality 2030: quality management for the future. *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1863778>
15. Баурина С. Б., Назарова Е. В. Комплексный подход к выпуску продукции соответствующего качества на оборонных предприятиях // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. № 1 (26). С. 75–79. DOI: [10.26140/anie-2019-0801-0014](https://doi.org/10.26140/anie-2019-0801-0014)
16. Герцик Ю. Г. Интеграция концепций устойчивого развития и менеджмента качества // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 1. С. 33–46. DOI: [10.18334/epp.12.1.114089](https://doi.org/10.18334/epp.12.1.114089)
17. Калачева Е. А. Модель интеграции системы менеджмента качества и жизненного цикла продукции // Стандарты и качество. 2016. № 6. С. 108.

18. Ebiasuode Awu (2022) Total Quality Management and Organizational Success. *International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR)*, vol. 6, no. 1, January, pp. 43-49.

19. Stracke C.M. (2006) Process-oriented Quality Management. In U.-D. Ehlers & J.M. Pawlowski (eds.), *Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning*, pp. 79-96, Berlin: Springer. DOI: 10.1007/3-540-32788-6\_6

20. Мирошников В. В., Школина Т. В. Принципы построения интегрированных систем менеджмента качества // Вестник Военного Регистра. 2004. № 12. С. 23–35.

### References

1. Saybel A.G., Shcheglov D.K. (2023) [Digitalization and digital technologies: from the origin of the term to its modern use]. *Radionavigatsiya i vremya: trudy SZRTs Kontserna VKO «Almaz – Antei»*, no. 13, pp. 118-135 (in Russ.).

2. Lukas Budde, Christoph Benninghaus, Roman Hänggi and Thomas Friedli (2022) Managerial Practices for the Digital Transformation of Manufacturers. *Digital*, no. 2, pp. 463-483. DOI: <https://doi.org/10.3390/digital2040025>

3. Shcheglov D.K., Eshchenko M.N., Borina A.P., Ukhov A.A. (2023) [Theoretical basis for applying the concept of digital twins to create an intelligent system for monitoring the technical condition and maintenance of complex high-tech products]. *Sudostroenie*, no. 5, pp. 21-26 (in Russ.).

4. Sonin F.S. (2021) [Blocking of the Suez Canal: accident of the «Ever Given» container ship]. *Okeanskii menedzhment*, no. 4, pp. 56-60 (in Russ.).

5. Petukhov G.B., Yakunin V.I. *Metodologicheskie osnovy vneshnego proektirovaniya tselenapravlennykh protsessov i tselestremlynykh system* [Methodological foundations of external design of goal-oriented processes and goal-oriented systems]. Moscow: AST, 2006, 504 p. (in Russ.).

6. Sanches R.A. de O., Ferreira E. de P., & Parreiras F.S. (2021) Organization Culture and Quality Management System: A Systematic Literature Review. *Revista Gestão Da Produção Operações E Sistemas*, no. 16(1). DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v16i1.2700>

7. Barisic A.F., Rybacka Barisic J., & Milolozza I. (2022) Digital Transformation: Challenges for human resources management. *ENTRENOVA – ENTERPRISE RESEARCH INNOVATION*, no. 7, pp. 357-366. DOI: <https://doi.org/10.54820/GTFN9743>

8. Zoltán Krajcsák (2019) Implementing Open Innovation Using Quality Management Systems: The Role of Organizational Commitment and Customer Loyalty. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and*

*Complexity*, vol. 5, no. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc5040090>

9. Egorov I.S. (2019) [Analysis of the effectiveness of using CALS technologies at enterprises]. *Perspektivy nauki*, no. 5, pp. 29-32 (in Russ.).

10. Koch M., Krohmer D., Naab M., Rost D., Trapp M. (2022) A matter of definition: Criteria for digital ecosystems. *Digital Business*, vol. 2, no. 2, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100027>

11. Li W., Badr Y., Biennier F. (2012) Digital ecosystems: challenges and prospects. *MEDES'12: Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital Eco Systems*, October. pp. 117-122. DOI: <https://doi.org/10.1145/2457276.2457297>

12. Cozzolino A., Corbo L., & Aversa P. (2021) Digital platform-based ecosystems: The evolution of collaboration and competition between incumbent producers and entrant platforms. *Journal of Business Research*, vol. 126, pp. 385-400.

13. Chen A., Lin Y., Mariani M. (2023) Entrepreneurial growth in digital business ecosystems: an integrated framework blending the knowledge-based view of the firm and business ecosystems. *Technology Transfer*, vol. 48, pp. 1628-1653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-023-10027-9>

14. Fundin A., Lilja J., Lagrosen Y., & Bergquist B. (2020). *Quality 2030: quality management for the future*. *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1863778>

15. Baurina S.B., Nazarova E.V. (2019) [An integrated approach to the production of products of appropriate quality at defense enterprises]. *Azimet nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, no. 1 (26), pp. 75-79 (in Russ.). DOI: 10.26140/anie-2019-0801-0014

16. Gertsik Yu.G. (2022) [Integration of the concepts of sustainable development and quality management]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, vol. 12, no. 1, pp. 33-46 (in Russ.). DOI: 10.18334/epp.12.1.114089

17. Kalacheva E.A. (2016) [Model for integrating the quality management system and product life cycle]. *Standarty i kachestvo*, no. 6, p. 108 (in Russ.).

18. Ebiasuode Awu (2022) Total Quality Management and Organizational Success. *International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR)*, vol. 6, no. 1, January, pp. 43-49.

19. Stracke C.M. (2006) Process-oriented Quality Management. In U.-D. Ehlers & J.M. Pawlowski (eds.), *Handbook on Quality and Standardisation in E-Learning*, pp. 79-96, Berlin: Springer. DOI: 10.1007/3-540-32788-6\_6

20. Miroshnikov V.V., Shkolina T.V. (2004) [Principles of building integrated quality management systems]. *Vestnik Voennogo Registra*, no. 12, pp. 23-35 (in Russ.).

## The Concept of Building an Integrated Digital Ecosystem to Improve the Quality of Products and Services of Defense Industry Enterprises

*D.K. Shcheglov*, PhD in Engineering, Associate Professor, JSC “North-Western Regional Center of the Concern VKO “Almaz-Antey” - Obukhov plant”, St. Petersburg, Russia

*A.G. Saybel*, DSc in Engineering, Associate Professor, JSC “North-Western regional center of the Concern VKO “Almaz-Antey” - Obukhov plant”, St. Petersburg, Russia

*Research and development of systems for managing material, technical, and intellectual resources are key directions for improving manufacturing processes in the modern world. In recent years, the question of integrating various management systems has become particularly relevant due to the widespread adoption of quality management systems and their certification to meet current regulatory requirements. This study attempts to merge the advantages of using product lifecycle information support technologies, such as data and information management, with the concept of digital twins, including virtual design, digital product modeling, and real-time analysis. The analysis covers the constituent elements of the generalized product design and manufacturing process, addressing the construction of an integrated digital ecosystem to enhance the quality of products and services in the defense-industrial complex. This ecosystem is based on the integration of technologies for continuous product information support using their digital twins and an integrated quality management system. It is shown that the approach to evaluating the effectiveness of purposeful processes should be complemented by a risk-oriented model, which includes response scenarios to potential adverse effects of the operation of the purposeful organizational-technical system. A structural scheme and formalized description of a generalized product information support model are presented, allowing for the integration of specific quality indicators into a unified strategic outcome. Ultimately, a concept for building an integrated digital ecosystem for defense-industrial enterprises is proposed, aimed at enhancing the overall quality of products and services.*

**Keywords:** digital ecosystem, quality management system, digital ecosystem concept, defense-industrial complex.

Получено 15.04.2024

### Образец цитирования

*Щеглов Д. К., Сайбель А. Г.* Концепция построения интегрированной цифровой экосистемы для повышения качества продукции и услуг предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2024. Т. 27, № 2. С. 25–36. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-2-25-36

### For Citation

Shcheglov D.K., Saybel A.G. (2024) [The Concept of Building an Integrated Digital Ecosystem to Improve the Quality of Products and Services of Defense Industry Enterprises]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2024, vol. 27, no. 2, pp. 25-36 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2024-2-25-36