

# Введение в цифровую трансформацию предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности: новые подходы

Introduction to the digital transformation of enterprises high-tech industry: new approaches

doi 10.26310/2071-3010.2020.266.12.003



**В. А. Бородавкин,**  
д. т. н., профессор, Балтийский  
государственный технический университет  
«Военмех» им. Д. Ф. Устинова,  
Санкт-Петербург  
✉ Pror-ur@bstu.spb.su

**V. A. Borodavkin,**  
doctor of technical sciences, professor,  
Baltic state technical university «Voennmeh»  
n. a. D. F. Ustinov



**Д. К. Щеглов,**  
к. т. н., доцент, АО «Конструкторское  
бюро специального машиностроения»  
✉ \_dk@bk.ru

**D. K. Shcheglov,**  
candidate of technical sciences,  
associate professor, «Design bureau  
for special mechanical engineering»

В предлагаемой статье рассматриваются теоретические основы цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности, в том числе оборонно-промышленного комплекса, в инновационно-лекционном формате. Приведен пример подготовленной лекции на тему «Цифровая трансформация и цифровые тренды в промышленности» с использованием полотен известных художников и цитат выдающихся людей для повышения усвояемости слушателями учебных материалов из принципиально новой для них предметной области посредством задействования механизмов ассоциативного мышления.

This article examines the theoretical foundations of the digital transformation of enterprises in high-tech industries of the domestic industry, including the military-industrial complex, in an innovative and lecture format. An example of a lecture prepared by the author on the topic «Digital transformation and digital trends in industry» using paintings by famous artists and quotes of prominent people to increase the learners' assimilation of educational materials from a fundamentally new subject area by means of using the mechanisms of associative thinking is given.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, предприятие, лекция, образовательный контент, инновационно-лекционный формат, цифровые технологии.

**Keywords:** digital transformation, enterprise, lecture, educational content, innovative lecture format, digital technologies.

**М**ы живем в интересное время. На наших глазах происходит смена технологических укладов, цифровая трансформация экономики, науки, промышленности, образования, искусства и других сфер, связанных с жизнедеятельностью человека [1]. Этот процесс сложно замедлить и невозможно остановить. Вне зависимости от наших желаний цифровые технологии активно меняют нашу жизнь и являются в настоящее время одной из самых обсуждаемых тем среди сторонников и противников научно-технического прогресса [2].

Наряду с актуальными проблемами цифровой трансформации системы образования [3] особо дискуссионными являются вопросы внедрения инновационных цифровых технологий в деятельность предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности, прежде всего оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Решение вопросов цифровой трансформации предприятия 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. Все это выходит за рамки компетенций рядовых ИТ-специалистов, поскольку требует комплексного профессионального подхода и опыта решения междисциплинарных организационно-технических задач. Разумеется, вузы не готовят таких специалистов. Более того, частные вопросы цифровой трансформации, если

и рассматривается в рамках отдельных образовательных модулей, не позволяют обучающимся получить системного представления об этой достаточно новой предметной области. И причина этого заключается не только в отсутствии у преподавателей необходимых практико-ориентированных учебных материалов: создать у обучающихся целостное представление о методах и средствах цифровой трансформации, применяя лишь традиционные образовательные технологии практически невозможно. Очевидно, что подготовка специалистов в рассматриваемой предметной области должна осуществляться с преимущественным применением инновационных образовательных технологий. При этом общедоступные образовательные технологии не позволяют автоматизировать процессы формирования легкоусвояемого обучающимися образовательного контента без преподавателя. Активно развивающийся дистанционный формат обучения, хоть и подразумевает в большей части индивидуальную работу обучающегося с мультимедийным образовательным контентом, не исключает коллективного и индивидуального взаимодействия обучающихся с преподавателем (тьютором) посредством современных технологий бизнес-коммуникаций (видеоконференцсвязь, электронная почта и т. д.), а, при необходимости, и личных консультаций. В этой связи, даже при применении самых прогрессивных образовательных технологий, ключевую роль в процессе обучения, переобучения и повышения квалификации играет преподаватель. Именно от преподавателя зависит качество подготовки образовательного контента и степень его усвояемости обучающимися.

С целью формирования интереса слушателей к изучаемому предмету современным преподавателям

необходимо даже в рамках традиционных форм подачи материала, таких как лекция, использовать инновационные подходы. Важно учитывать, что все слушатели по-разному воспринимают лекционный материал. В частности, в работе [4] показано, что только около 10% аудитории составляют аудиалы, легко воспринимающие на слух предлагаемый им образовательный контент. Не менее 30% аудитории составляют визуалы, воспринимающие информацию из презентации, схем, таблиц, графиков. Самую большую группу обучаемых, не менее 40%, как правило составляют кинестетики, запоминая материал записывая его на бумаге ручкой. Таким образом, хорошо подготовленный образовательный контент, в том числе традиционная или дистанционная лекция, по определению учитывает возможности запоминания материала всеми описанными категориями слушателей.

Записывать или не записывать материал лекции — дело каждого конкретного слушателя, а вот выбор оптимального формата представления материала — задача лектора. Современные средства представления материала значительно расширяют возможности лектора по представлению образовательного контента аудитории. Здесь важно отметить, что во взрослой аудитории скорость считывания слушателями графического материала значительно выше скорости речи и письма лектора. Поэтому в процессе передачи образовательного контента речь лектора целесообразно не дублировать визуальной информацией на слайдах презентации. Более того, при представлении материала хороший эффект дает использование графических образов и цитат, направленных на активизацию у слушателей механизмов ассоциативного мышления. Конечно, подготовка такой лекции требует от лектора творческого подхода и широкой эрудиции.

В качестве примера лекции, построенной на вышеуказанном принципе, рассмотрим фрагмент экс-

периментальной лекции «Цифровая трансформация и цифровые тренды в промышленности». В презентацию лекции были включены полотна известных художников и цитаты выдающихся людей, позволяющие слушателям на основе ассоциаций легко понять и усвоить терминологическую базу, а также магистральные направления развития техники и технологий в рассматриваемой предметной области.

Еще в начале прошлого века в открытках прогрессивных художников были изображены представления о технологиях будущего: архитектор, строящий здания без единого рабочего; роботизированная парикмахерская; технологии передачи звука и изображения на расстоянии и многое другое (рис. 1). Сегодня же мы видим в этих открытках не научную фантастику, а вполне реальные технологии.

Промышленные технологии сделали огромный скачок еще в XVIII веке с началом механизации производства посредством паровой машины. Этот этап развития производства получил название «Индустрия 1.0». Кстати, в России паровая машина (созданная Иваном Ползуновым) была впервые введена в эксплуатацию на Барнаульском заводе в 1766 г.

Следующим переломным этапом развития производственных технологий стало внедрения электрических станков и электрооборудования.

Развитие электроники и первой вычислительной техники в 1970-х гг. привело к революции в области автоматизации промышленного производства. А уже в середине 1980-х гг. с развитием сетевых технологий Министерство обороны США приступило к реализации технологий непрерывной информационной поддержки поставок и жизненного цикла изделий (CALS-технологий) [5].

В настоящее время промышленные технологии переходят к новому этапу развития — цифровой трансформации, в основе которой лежат киберне-

**«Будущее уже наступило – просто оно еще  
неравномерно распределено»**

(Уильям Гибсон, писатель-фантаст)



Рис. 1. Представление о будущем в начале XX века

тические производственные системы, построенные на технологиях «Индустрии 4.0». К ним относятся, прежде всего, цифровые двойники, большие данные и искусственный интеллект, промышленный Интернет вещей, онтологические модели деятельности, машинное обучение и др.

Вместе с тем большинство предприятий высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности сталкивается в настоящее время с рядом сложностей, оказывающих существенное влияние на реализацию их хозяйственной деятельности и процессы цифровой трансформации.

К этим сложностям относится сокращение государственного финансирования, прежде всего государственного оборонного заказа. В этих условиях значительно возросла конкуренция между предприятиями за получение государственных заказов, ряд предприятий были вынуждены сократить численность персонала.

Еще одной сложностью в работе промышленных предприятий стали объективные ограничения, связанные со сложной эпидемиологической обстановкой. Эти ограничения способствовали массовому переводу сотрудников на удаленную работу. Такой перевод потребовал значительных финансовых затрат на оборудование рабочих мест, а также изменения сложившихся производственных процессов, корректировку нормативно-правовой базы.

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

Важно отметить и необходимость диверсификации деятельности предприятий с целью выпуска на рынок новых востребованных товаров и услуг. В частности

предприятия ОПК столкнулись с необходимостью конверсии производства. В соответствии с посланием Президента РФ Федеральному Собранию от декабря 2016 г. предприятиям ОПК необходимо к 2020 г. довести долю выпускаемой продукции гражданского и двойного назначения до значения не менее 17%, к 2025 г. — не менее 30%, а к 2030 г. — не менее 50%.

Анализ применения информационно-коммуникационных технологий в отечественной промышленности позволяет выделить три процесса: автоматизация, информатизация и цифровая трансформация.

Автоматизация подразумевает изменение бизнес-процессов организации (предприятия), 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, в свою очередь, кардинальное изменение бизнес-модели деятельности организации — пересмотр подходов к управлению, корпоративной культуре, внешним коммуникациям, организации производства и работы с клиентами (заказчиками) — на основе сквозных цифровых технологий [6].

На процессы цифровой трансформации можно взглянуть философски, проиллюстрировав их на примере картины «Менины». Оригинал картины написан Диего Веласкесом в 1656 г., а ее цифровая трансформация Сальвадором Дали в 1960 г. (рис. 2).

Важными понятиями цифровой трансформации, в которых часто путаются даже на профильных научно-практических конференциях, являются цифровой прототип, цифровой двойник и цифровой след изделия (рис. 3).



Рис. 2. Ассоциативный пример процесса цифровой трансформации



Рис. 3. Ассоциативный пример понятий «цифровой двойник» и «цифровой след»

Цифровой прототип — это полное цифровое описание (модель) виртуального объекта (изделия, продукта, сервиса) на различных стадиях (этапах) жизненного цикла, предназначенное для его оптимизации и проверки достижимости планируемых целевых показателей в условиях ресурсных ограничений [7].

Цифровой двойник — цифровая копия конкретного экземпляра реально существующего физического объекта (изделия, продукта, сервиса), отражающая его индивидуальные особенности для проведения анализа и принятия обоснованных организационно-технических решений в процессе эксплуатации [8].

Цифровой след — применительно к изделию (продукту, сервису) — представляет собой совокупность информации об операциях с изделием, зафиксированную в системах информационной поддержки его жизненного цикла.

Цифровая тень — совокупность данных о реальном объекте (изделии, продукте, сервисе), собранных, как правило, на этапе его эксплуатации для моделирования поведения этого объекта, но не позволяющая предсказывать ситуации, в которых реальный объект не эксплуатировался.

Среди основных направлений развития цифровой трансформации важно выделить:

- цифровизацию требований к изделию — разработку требований к изделию и представление ее в формате электронной структуры, включающей, прежде всего, функциональные требования и пополняемую многочисленными требованиями, предъявляемыми на этапе разработки, технологического проектирования, производства, проведения испытаний, эксплуатации;
- моделируемость — 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 виртуальных сетевых сервисов рабочего пространства специалистов, участвующих в процессе информационной поддержки жизненного цикла этой продукции;

- компетентностно-ориентированный подход — совокупность взглядов на применение, приобретение и развитие у работников 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 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 предприятия (компании).

Вместе с тем можно выделить ряд неоспоримых сложностей, связанных с цифровой трансформацией отечественной промышленности, а именно [2, 6-10]:

- недостаточные знания и компетенции — успешная реализация проектов по цифровой трансформации напрямую зависит от квалификации и опыта команды проекта, понимания необходимости перемен и поддержки высшим руководством проектов по совершенствованию деятельности предприятия;
- 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 предприятия уделяют достаточного внимания выбору и внедрению необходимых программных и аппаратных средств, их совместной работе в интегрированной информационной среде предприятия. Достаточно часто предприятия оснащаются различными программными средствами для решения одних и тех же задач;
- недостаточность существующей нормативно-правовой базы — в настоящее время нормативно-правовая база цифровой трансформации только формируется, создаются механизмы государственной поддержки проектов, 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, предприятиям 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 предприятий станков и оборудования, аппаратных и программных средств зарубежного производства отечественными ана-

логами 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 операционной системы MS Windows и т.п.).

При реализации проектов цифровой трансформации предприятия целесообразно спрогнозировать наиболее вероятные проектные риски и разработать план организационно-технических мероприятий по их устранению или минимизации. Традиционно риски подразделяют на внешние и внутренние, а применительно к ИТ-проектам рассматривают, как правило, в следующих аспектах: персонал, организация работ, технологии (рис. 4).

Для проектов по цифровой трансформации характерны следующие риски [2, 9-12]:

- отсутствие единой терминологии — часть предприятий используют зарубежный опыт и терминологическую базу, что приводит как к сложностям с восприятием новых терминов, так и их адаптации к российским понятиям. Другая часть вводит собственные термины для того чтобы заполнять пробелы в терминологии;
- отсутствие полной нормативной документации — поставщики (вендоры) программного обеспечения и компании-интеграторы, как правило, не предоставляют потребителям полного описания внедряемых средств автоматизации и информационно-управляющих систем, так как заинтересованы в оказании услуг по их технической поддержке (сопровождению);
- отсутствие эффективной команды проекта — ряд проектов не достигают ожидаемого результата именно из-за отсутствия слаженной работы заказ-

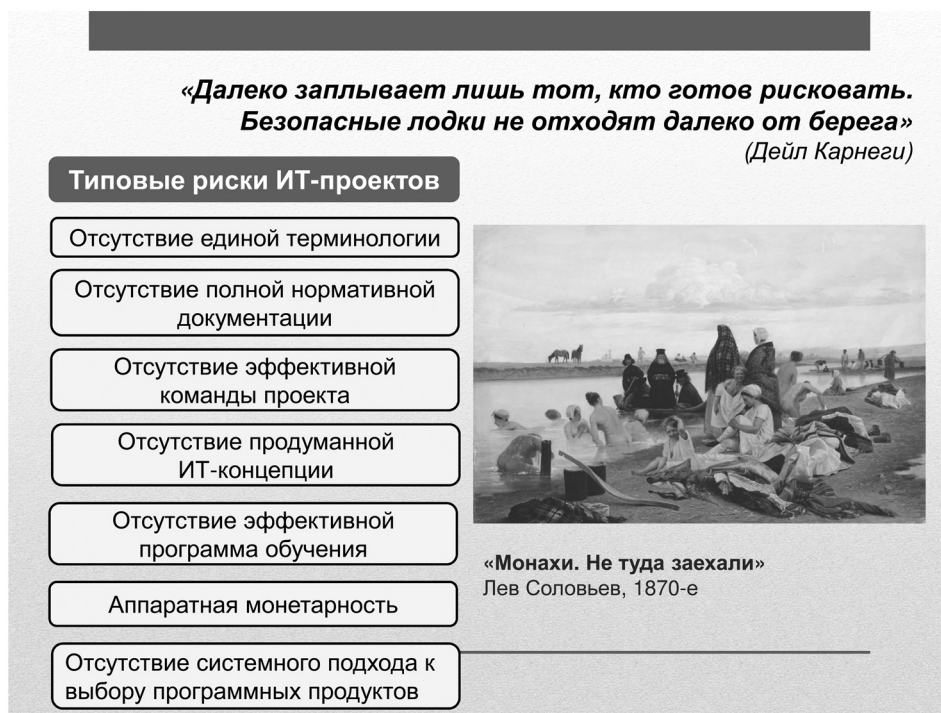


Рис. 4. Ассоциативный пример понятия «риски ИТ-проекта»

**«Самая низкая ступенька – самая прочная: она основа устойчивости всей лестницы. Стоя на ней, можно ни о чем не тревожиться; будучи вделана накрепко, она служит опорой всему остальному»**  
Мишель де Монтень, французский писатель

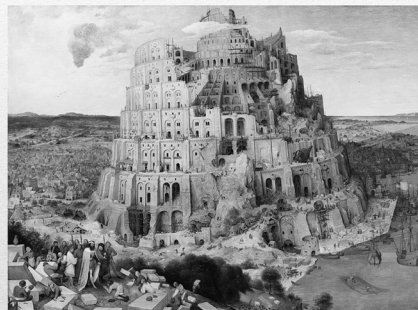
#### Уровни ИТ-инфраструктуры

Уровень бизнес-приложений

Уровень операционных систем и системных приложений

Физический (аппаратно-программный уровень)

Организационный уровень



«Вавилонская башня»  
Питер Брейгель, 1563

Рис. 5. Ассоциативный пример понятия «ИТ-инфраструктура»

чика проекта, руководителя проекта и членов проектной команды, а также отсутствия закрепленных за участниками проекта четких прав, обязанностей, функций и зон ответственности;

- отсутствие продуманной концепции — при постановке цель и задачи цифровой трансформации часто не увязываются со стратегической целью предприятия и другими, реализующимися на предприятии программами и проектами;
- аппаратная монетарность — производители аппаратных средств заинтересованы в регулярном их обновлении у покупателей, а не к повышению их качества (апгрейду/модернизации);
- отсутствие системного подхода к выбору программных продуктов — программное обеспечение выбирается на основании не всегда достоверной рекламной информации, при этом часто не учитывается специфика предприятия и перспективы его развития [5].

Информационную архитектуру предприятия целесообразно рассматривать на следующих уровнях (рис. 5) [11]:

- уровень бизнес-приложений, содержащий совокупность прикладного программного обеспечения для автоматизации основных процессов хозяйственной деятельности предприятия (организации, компании);
- уровень операционных систем и системных приложений, включающий в себя операционные системы и дополнительное системное программное обеспечение (утилиты, средства защиты информации, архиваторы, коммуникационные программы, системы для «сжатия дисков», управления памятью и т. д.);
- физический (аппаратно-программный) уровень включает в себя совокупность центров обработки

и хранения информации, автоматизированных рабочих мест (рабочих станций) пользователей, телекоммуникационного оборудования и вспомогательных систем (контроля и управления доступом, пожаротушения, охраны и т. д.);

- организационный уровень, к которому относится организационная структура предприятия (штатное расписание, роли работников и их функции), совокупность основных и вспомогательных производственных процессов, нормативно-техническая документация и т. д.

Многообразие направлений автоматизации стало причиной создания и внедрения на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности разнородных программных средств, в основе которых лежат различные информационные технологии.

Существует множество различных классификаций системы промышленной автоматизации, но укрупненно все эти системы можно свести к следующим группам [12]:

- автоматизированные системы разработки изделий, обеспечивающие выполнение проектно-конструкторских работ;
- автоматизированные системы управления предприятием, осуществляющие мониторинг и анализ трудовых и финансовых ресурсов, объемов производства, основных и вспомогательных средств производства;
- системы управления бизнесом предприятия за его пределами, предназначенные для организации взаимодействия с поставщиками и потребителями, автоматизации изыскательских, рекламно-маркетинговых и утилизационных мероприятий.

В связи с тем, что каждый из разработчиков реализует различный набор функциональных возможностей в различных одного и того же класса автоматизиро-



Рис. 6. Ассоциативный пример «о субъективности взглядов и ожиданий»

ванных системах, все средства информатизации целесообразно рассматривать как функционально- или информационно-логические компоненты производственной системы предприятия.

У каждого руководителя и специалиста в области информационных технологий свой взгляд на процессы цифровой трансформации. Так, например, кто-то увидит на картине Фердинанда Вальдмюллера «Ожидание» (1960 г.) девушку с библией, а многие «продвинутые пользователи» девушку с iPhone (рис. 6).

Система общих принципов цифровой трансформации включает в себя: создание виртуального рабочего пространства всех участников жизненного цикла изделия; переход на сервис-ориентированную систему информационного обеспечения ЖЦ; внедрение и развитие технологий разработки цифровых прототипов изделий; переход к обращению электронных подлинников технических документов; цифровизацию требований к изделиям; применение типовых отраслевых ИТ-решений, поддерживаемых центрами компетенций; разработку виртуальных моделей предметной области; унификацию бизнес процессов; импортозамещение программного обеспечения; создание центров нормативных ресурсов и т. д.

Среди наиболее ожидаемых эффектов от цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности принято выделять: сокращение времени разработки и производства изделий; повышение качества как разрабатываемой документации, так и непосредственно самого изделия (по заданным критериям); снижение количества ошибок, допущенных разработчиками, производителями и эксплуатантами на различных стадиях жизненного цикла изделия; снижение всех видов издержек и т. п.

Важное место среди инструментов цифровой трансформации занимает концепция модели-

ориентированной системной инженерии (model-based systems engineering, MBSE).

Современная концепция модели-ориентированной системной инженерии (MBSE) позволяет построить функционально-структурное описание сложных организационно-технических систем, которое может использоваться для предсказательного моделирования различных аспектов их функционирования. В основу подобных моделей, как правило, положена совокупность принципов и методов системного анализа. Анализ известных подходов (подход Ф. Котлера, схема У. Фокса, цикл Шухарта–Деминга, архитектурного подхода, реализованного в метамодели Дж. Захмана) позволяет заключить, что для построения описательных моделей целесообразно ответить на совокупность несложных вопросов: «зачем?», «кто?», «что?», «где?», «как?», «когда?». Для всестороннего описания различных аспектов функционирования системы (организационный, технический, функциональный, процессный и т. д.) на стратегическом, концептуальном, логическом, операционном уровнях представления, как правило, используется язык графического описания для объектного (семантического) моделирования UML (SysML).

Разработка концепции цифровой трансформации промышленного предприятия является системной задачей, требующей учета факторов внешней среды, в частности, особенностей интегрированных структур, в которые эти предприятия, как правило, входят. В основу разработки концепции целесообразно положить принцип декомпозиции деятельности предприятия на сферы (финансово-экономическая, проектно-конструкторская, производственно-технологическая, эксплуатационно-техническая и т. д.). В качестве научно-методической базы для разработки концепции предлагается принять известные мировые практики и

подходы к проектированию корпоративной информационной архитектуры предприятий (DoDAF, TOGAF, Zachman Framework и др.), методы «бережливого производства» (в частности, карты SIPOC), модели оценки уровня зрелости управления бизнес-процессами (такие как, СММИ и ОРМЗ), подходы к формированию сбалансированной системы показателей (BSC), OLAP-технологии.

Оценка отдачи ИТ-инвестиций подразумевает установление однозначных причинно-следственных связей между ИТ и финансовыми показателями (рис. 7). Для оценки эффективности ИТ-инвестиций, как правило, используется ряд методик, заимствованных из финансового анализа и стратегического планирования, однако существуют и специальные методики оценки отдачи ИТ-инвестиций. Наиболее распространенные в настоящее время методики могут быть классифицированы следующим образом: традиционные финансовые методики (ROI, TCO, CI, EVA), вероятностные методики (ROV, AIE, EVS) и методики качественного анализа, также называемые эвристическими (AIE, BSC) [13].

Обеспечение надежной защиты информационных ресурсов предприятия от разглашения, утечки и несанкционированного доступа, уничтожения, модификации требует создания комплексной системы информационной безопасности, которая объединит в единый целостный механизм все применяемые методы, средства и мероприятия по защите информации от злоумышленников, некомпетентных пользователей и нештатных ситуаций технического характера.

Принято выделять следующие виды угроз информационной безопасности:

- угрозы, реализуемые с использованием технических средств, таких как оборудование для приема

и передачи информации, серверное оборудование, а также линии связи;

- угрозы, реализуемые с использованием программных средств для получения несанкционированного доступа к информации (например, внедрение вредоносного кода, использование уязвимостей для взлома программной защиты и т. д.);
- угрозы утечки информации по техническим каналам связи (побочные электромагнитные излучения, акустическое излучение, хищение технических средств и т. п.).

Очевидно, что с повышением уровня автоматизации предприятия вопросы обеспечения его информационной безопасности становятся все более острыми.

Любые инновационные технологии внедряются и используются в промышленном производстве руководителями и специалистами, образующими кадровый потенциал предприятий (рис. 8). Потребности в обучении можно условно разделить на две группы [14]. В первую группу входит обязательное плановое обучение работников, необходимое, как правило, для их допуска к определенным видам работ (техника безопасности, охрана труда, грузоподъемное оборудование и т. д.), а также формирования кадрового резерва. Во вторую — специализированное обучение (работа с прикладным программным обеспечением, проведение различных видов инженерных расчетов и т. д.).

Необходимостью реализации потребностей второй группы обусловлена актуальностью создания на предприятиях доступной образовательной среды для непрерывного обучения и повышения квалификации работников.

Доступная образовательная среда должна предоставлять возможность сотрудникам предприятия выстраивать индивидуальные траектории собствен-



Рис. 7. Ассоциативный пример понятия «отдача от ИТ-инвестиций»



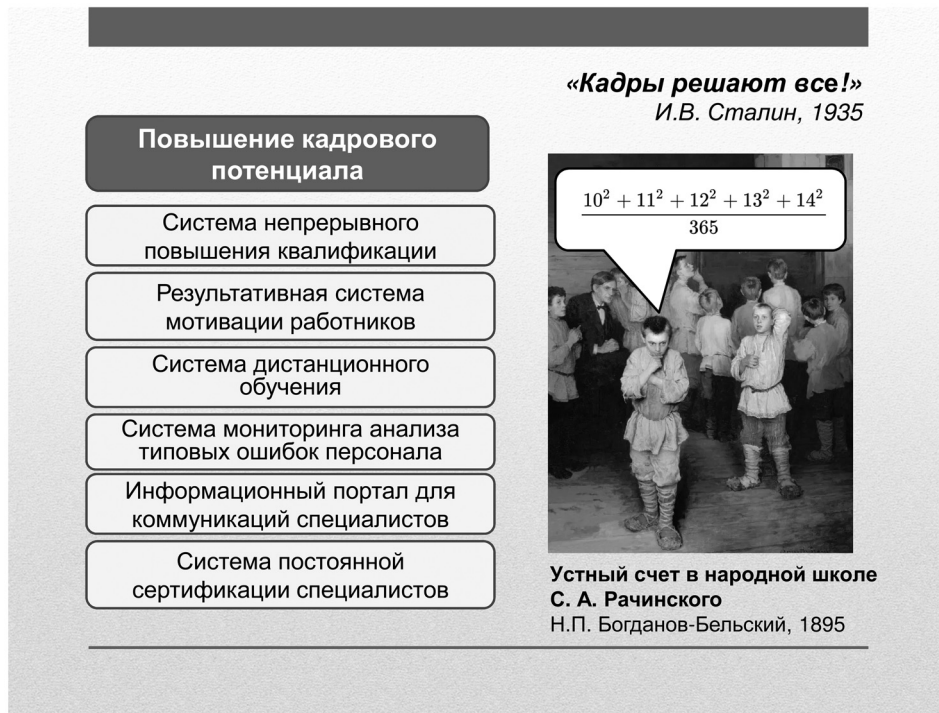


Рис. 8. Ассоциативный пример понятия «кадровый потенциал»

ного научно-технического развития. Эти траектории должны формироваться из специализированных образовательных модулей (например, расчет размерных цепей, допуски и посадки и т. д.), содержащихся в корпоративной системе дистанционного обучения, и доступных для индивидуального изучения.

С целью поддержки системы дистанционного обучения (СДО) на предприятиях должен быть создан механизм поиска и привлечения к образовательному процессу квалифицированных тьюторов (преподавателей) как из числа собственных сотрудников, так и привлекаемых «внешних» специалистов.

В состав СДО целесообразно ввести портал, предоставляющий специалистам предприятия возможность обмена личным опытом, учебно-методическими и научными материалами.

С целью формирования потребностей в обучении целесообразно ввести систему непрерывной сертификации специалистов.

Как уже отмечалось ранее цифровые технологии активно входят в нашу повседневную жизнь. Объективные ограничения, связанные со сложной эпидемиологической ситуацией, с которой весь мир столкнулся в начале 2020 г., стал катализатором для формирования новой цифровой реальности: стремительного развития институтов цифровой экономики, цифрового правительства, сервисов государственных услуг, цифровой медицины, цифрового образования и т. д.

Цифровые сервисы стали новой развивающейся моделью бизнеса, незаменимым помощником современного «цифрового» человека (например, заказ такси, еды и одежды), средством обучения и проведения досуга (цифровые музеи, театры, кинотеатры и т. д.). Тотальная цифровизация привела к возникновению новых видов востребованных профессий. Появились новые виды творчества. Например, наряду с уже став-

шим традиционным увлечением цифровой фотографией и цифровой музыкой своих поклонников нашло новое направления искусства — цифровая живопись.

Важно отметить, что информатизация — это не самоцель современного общества. Цифровые технологии с одной стороны являются инструментом, позволяющим сделать жизнь каждого из нас более комфортной, но с другой стороны они могут значительно ограничить наши права и свободы [1, 2, 9]. В любом случае, наше ближайшее будущее связано со стремительным развитием цифровых технологий, а вот каким будет наш цифровой мир зависит только от нас!

### Заключение

В настоящей статье в инновационно-лекционном формате описываются теоретические основы цифровой трансформации предприятий высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности, в том числе предприятий ОПК.

Сделана попытка обобщения и систематизированного изложения основных инструментов цифровой трансформации, направлений ее развития и проблемных вопросов реализации в контексте цифрового проектирования и производства.

Особое внимание уделяется форме подачи материала. Предлагаемый инновационно-лекционный формат был апробирован в БГТУ «Военмех» им Д. Ф. Устинова в рамках повышения квалификации профессорско-преподавательского состава по направлению «Цифровая трансформация в науке, производстве и образовании». По результатам апробации большинство слушателей отметили, что они не только быстро погрузились в основные вопросы цифровой трансформации, но и по-новому смогли осмыслить принципы ассоциативного подхода в обучении.

## Список использованных источников

1. К. Скиннер. Цифровой человек. Четвертая революция в истории человечества, которая затронет каждого/Пер. с англ. О. Сивченко; науч. ред. К. Щеглова. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 304 с.
2. Т. Сибел. Цифровая трансформация. Как выжить и преуспеть в новую эпоху/Пер. с англ. Ю. Гиматовой; науч. ред. М. Савитский, К. Щеглова, К. Пахорукова. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2021. 256 с.
3. В. А. Бородавкин, А. М. Кузьмин, М. Н. Охочинский. Опыт БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова — цифровизация образования и ее влияние на подготовку кадров// В сб.: «75-летие Великой Победы: исторический опыт и современные проблемы военной безопасности России». Материалы 5-й МНПК научного отделения № 10 РАРАН. В 2-х т. Т. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2020. С. 26-30.
4. Ю. И. Студеникина. Анализ современных методов подачи лекционного материала студентам высших учебных заведений//Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. № 1 (4). 2016. <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/4/25-statya-2016-1/252-00079>.
5. А. В. Травлинский, Д. К. Щеглов. Концепция CALS и интегрированные системы менеджмента как инструменты повышения эффективности управления организаций оборонно-промышленного комплекса//Шестые Уткинские чтения: труды Международной науч.-техн. конф. Балт. гос. техн. ун-т. (Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 20.) СПб.: 2014. С. 294-299.
6. А. Прохоров, Л. Коник. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: 000 «АльянсПринт», 2019. 368 с.
7. В. И. Тимофеев, Д. К. Щеглов. Концептуальные основы цифровой трансформации проектно-конструкторской деятельности высокотехнологичных предприятий промышленности//Актуальные проблемы экономики и управления. № 2 (26). 2020. С. 43-49.
8. В. М. Дозорцев. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч. 1. Возникновение и становление цифровых двойников. Как существующие определения отражают содержание и функции цифровых двойников?//Автоматизация в промышленности. № 9. 2020. С. 3-11.
9. Д. Л. Роджерс. Цифровая трансформация: практическое пособие/Пер. с англ. М.: Издательская группа «Точка», 2017. 344 с.
10. С. Е. Ерошин. Особенности национальной кадровой политики//Инновации. 2015. № 1 (195). С. 28-31.
11. Д. К. Щеглов, Е. А. Дмитриева, С. А. Матвеев и др. Инновационные подходы и технологии информационного обеспечения процессов создания и эксплуатации ракетно-космической техники//Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2017. № 4 (136). С. 9-13.
12. Д. К. Щеглов. Методика выбора PDM-системы для предприятия ракетно-космической отрасли//Инновации. № 5 (151). 2011. С. 6-13.
13. В. Н. Юрьев, А. В. Голентовский. Некоторые аспекты выбора методики оценки эффективности ИТ-инвестиций//Технологии информационной поддержки жизненного цикла сложных изделий в российской промышленности: Материалы Всероссийской научно-практической конференции 11-12 ноября 2004 г. Санкт-Петербург. СПб.: Центр печати «СеверРосс», 2004. С. 115-119.
14. В. А. Бородавкин, М. Н. Охочинский, Д. К. Щеглов. Актуальные вопросы совершенствования системы корпоративного обучения на предприятии высокотехнологичной промышленности//Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. № 4. 2020. С. 15-21.

## References

1. K. Skinner. Digital man. The fourth revolution in human history that will affect everyone/Trans. from English O. Sivchenko; scientific. ed. K. Shcheglova. M.: Mann, Ivanov and Ferber, 2019. 304 p.
2. T. Sibel. Digital transformation. How to survive and thrive in a new era/Trans. from English Yu. Gimatova; scientific. ed. M. Savitsky, K. Shcheglova, K. Pakhorukova. M.: Mann, Ivanov and Ferber, 2021. 256 p.
3. V. A. Borodavkin, A. M. Kuzmin, M. N. Okhochinsky. Experience BSTU «Voenmekh» them. D. F. Ustinova — digitalization of education and its impact on personnel training// In collection: «The 75th anniversary of the Great Victory: historical experience and modern problems of military security in Russia». Materials of the 5th MNP scientific department № 10 RARAN. In 2 volumes. Volume 1. M.: Publishing house of MSTU n. a. N. E. Bauman. 2020. P. 26-30.
4. Yu. I. Studenikina. Analysis of methods of modern presentation of lecture material to students of higher educational institutions//Electronic scientific and methodological journal of Omsk state agrarian university. № 1 (4). 2016. <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/4/25-statya-2016-1/252-00079>.
5. A. V. Travlinsky, D. K. Shcheglov. The concept of CALS and integrated management systems as tools for increasing the efficiency of management of organizations of the military-industrial complex//Sixth Utkin Readings: Proceedings of the International Scientific and Technical. conf. Balt. state tech. un-t (Library of the magazine «Voenmeh. Bulletin of BSTU», № 20.) St. Petersburg, 2014. P. 294-299.
6. A. Prokhorov, L. Konik. Digital transformation. Analysis, trends, world experience. M.: 000 AlliancePrint, 2019. 368 p.
7. V. I. Timofeev, D. K. Shcheglov. Conceptual foundations of digital transformation of design and engineering activities of high-tech industrial enterprises//Actual problems of economics and management. № 2 (26). 2020. P. 43-49.
8. V. M. Dozortsev. Digital twins in industry: genesis, composition, terminology, technologies, platforms, prospects. Part 1. The emergence and formation of digital twins. How do existing definitions reflect the content and function of digital twins?//Automation in industry. № 9. 2020. P. 3-11.
9. D. L. Rogers. Digital transformation: practical guide/Transl. from English. M.: Publishing group «Tochka», 2017. 344 p.
10. S. E. Eroshin. Features of the national personnel policy//Innovations. 2015. № 1 (195). P. 28-31.
11. D. K. Shcheglov, E. A. Dmitrieva, S. A. Matveev et al. Innovative approaches and technologies of information support for the processes of creation and operation of rocket and space technology//Defense complex — to the scientific and technical progress of Russia. 2017. № 4 (136). P. 9-13.
12. D. K. Shcheglov. Methodology for choosing a PDM system for an enterprise in the rocket and space industry//Innovations. № 5 (151). 2011. P. 6-13.
13. V. N. Yuriev, A. V. Golentovsky. Some aspects of choosing a methodology for evaluating the effectiveness of IT investments//Technologies for information support of the life cycle of complex products in the Russian industry: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference November 11-12, 2004, St. Petersburg. St. Petersburg: SeverRoss Press Center, 2004. P. 115-119.
14. V. A. Borodavkin, M. N. Okhochinsky, D. K. Shcheglov. Topical issues of improving the corporate training system at a high-tech industry enterprise//Bulletin of Education and Science Development of the Russian Academy of Natural Sciences. 2020. № 4. P. 15-21.