

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519: 331.101.1

doi: 10.30987/2658-4026-2023-4-330-342

Различие во взглядах на архитектурные решения при автоматизации и цифровизации

Анатолий Викторович Рыбаков^{1✉}, Сергей Александрович Евдокимов², Андрей Анатольевич Краснов³, Александр Николаевич Шурпо⁴

^{1,4} Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (лаборатория №1 «Интегрированные автоматизированные машиностроительные системы», старший научный сотрудник); г. Москва, Россия

^{2,3} Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия

¹ avr48@rambler.ru

² usaf@rambler.ru

³ akrasnov63@rambler.ru

⁴ a-shurpo@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1962-1969>

Аннотация.

В материале изложено введение для подготовки команд студентов к участию в конкурсе «Лидеры цифровой трансформации». Сделана попытка, с точки зрения архитектуры, рассмотреть цифровую трансформацию бизнеса, а именно – переход от архитектуры автоматизации (рис. 1) к архитектуре цифровизации. За основу изложения взят материал [1,2], который расширен для студентов рисунками и ссылками на дополнительную литературу.

Ключевые слова: автоматизация; цифровизация; цифровой продукт; цифровая бизнес-модель; цифровая трансформация; корпоративная архитектура; информационно-технологическая среда

Для цитирования: Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Краснов А.А. и др. Различие во взглядах на архитектурные решения при автоматизации и цифровизации // Эргодизайн. №4 (22). С. 330-342. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2023-4-330-342>.

Original article

Open access article

Differences in Views on Architectural Solutions for Automation and Digitalization

Anatoly V. Rybakov^{1✉}, Sergey A. Evdokimov², Andrey A. Krasnov³, Alexander N. Shurpo⁴

^{1,4} Institute for Design-Technological Informatics of the Russian Academy of Sciences (Laboratory No. 1 “Integrated Automated Engineering Systems”, Senior Researcher); Moscow, Russia

^{2,3} Moscow State University of Technology “STANKIN”, Moscow, Russia

¹ avr48@rambler.ru

² usaf@rambler.ru

³ akrasnov63@rambler.ru

⁴ a-shurpo@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1962-1969>

Abstract.

The material provides an introduction to preparing students' teams to participate in the “Leaders of Digital Transformation” competition. An attempt has been made, from an architectural viewpoint, to consider the digital transformation of business, namely, the transition from automation architecture (Fig. 1) to digitalization architecture. The presentation is based on the material [1,2], which is expanded for students with drawings and links to additional literature.

Keywords: automation; digitalization; digital product; digital business model; digital transformation; enterprise architecture; information technology environment

For citation: Rybakov A.V., Evdokimov S.A., Krasnov A.A., Shurpo A.N. Differences in Views on Architectural Solutions for Automation and Digitalization // Ergodizayn [Ergodesign], 2023, No. 4 (22). Pp. 330-342. Doi: 10.30987/2658-4026-2023-4-330-342.

Введение



Задачи БИЗНЕС-АРХИТЕКТУРЫ:

- фокусирование на целях, достигаемых с помощью конструкции /бизнеса;
- определение состава элементов, входящих в состав конструкции /системы;
- учет и предопределение процессов;
- определение исполнения ограниченного набора функций;
- учет ограничений и принципов;
- учет и предопределение взаимодействия конструкции со своим окружением;
- фиксация способов представления конструкции для исполнения.

Рис. 1. Задачи, традиционно решаемые с помощью бизнес-архитектуры предприятия
Fig. 1. Tasks traditionally solved with the help of the enterprise business-architecture

Потенциал развития информационных технологий (ИТ) и рыночные потребности позволили организовать производство продуктов, призванных удовлетворять новые возможности пользователя. Это послужило поводом к появлению понятия цифровая трансформация [1, 2, 9]. Совокупность подходов и соответствующих бизнес-моделей, добавленная стоимость в которых складывается из главенства работы с данными о реальных активах и отношениях между ними и построенными на их основе взаимосвязанной системы компьютерных моделей, определяется цифровым подходом к организации деятельности (рис. 2).

В мире уже демонстрируются варианты подходов к созданию «умных» продуктов на основе ИТ, складываются тенденции в развитии соответствующих практик и формируются основы организационных форм их реализации. Переход к высокой информационной насыщенности деятельности, рост ее динамичности и принципиальные изменения в методах ведения бизнеса требуют совершенствования поиска рациональной реализации новых архитектурных решений, практик, продуктов и технологий (рис. 3). В работе делается попытка дать студентам общее представление основ такой деятельности.

Материалы, модели, эксперименты, методы и методики

1. От автоматизации к цифровизации. Подход цифровых организаций не только изменил акцент в понимании «главного актива» при работе (данные и модели), но и использовал новые формы ведения бизнеса в

условиях информационно – технологической среды для различных сфер деятельности [4, 5]. Цифровизация деятельности выработала новые и существенно трансформировала «старые» практики управления. В таблице 1 зафиксированы существенные признаки отличия, вошедшей в обиход автоматизации от зарождающейся цифровизации.

Для предпринимателей указанные признаки цифровизации открывают как заманчивые перспективы, так и несут репутационные потери (риски).

2. Цифровые продукты. Особенности внутреннего построения продукта изменяются путем смещения понимания об его устройстве из чисто материально - вещественного монолита в расширяемую сеть взаимодействующих IoT устройств (датчики, контроллеры и исполнительные механизмы) (рис. 4).

В машиностроении происходит переосознание основной ценности (результата) для потребителя. Сегодня ценностью является не только сам материально-вещественный продукт и не только документация к нему (даже электронная), а уже требуется **цифровой макет** («цифровой двойник»). Такая совокупность ценностей дает возможность держать под контролем производство изделия, его обслуживание в ходе эксплуатации и утилизацию в конце жизненного цикла. Это позволяет получать экономические ценности из знания связей между элементами в ходе эксплуатации, т.е. дает возможность осуществлять дополнительные цифровые услуги.



Рис. 2. Переход от аналогового бизнеса на основе реальных активов к цифровому (на основе данных об активах)

Fig. 2. Transition from analog business based on real assets to digital (based on asset data)

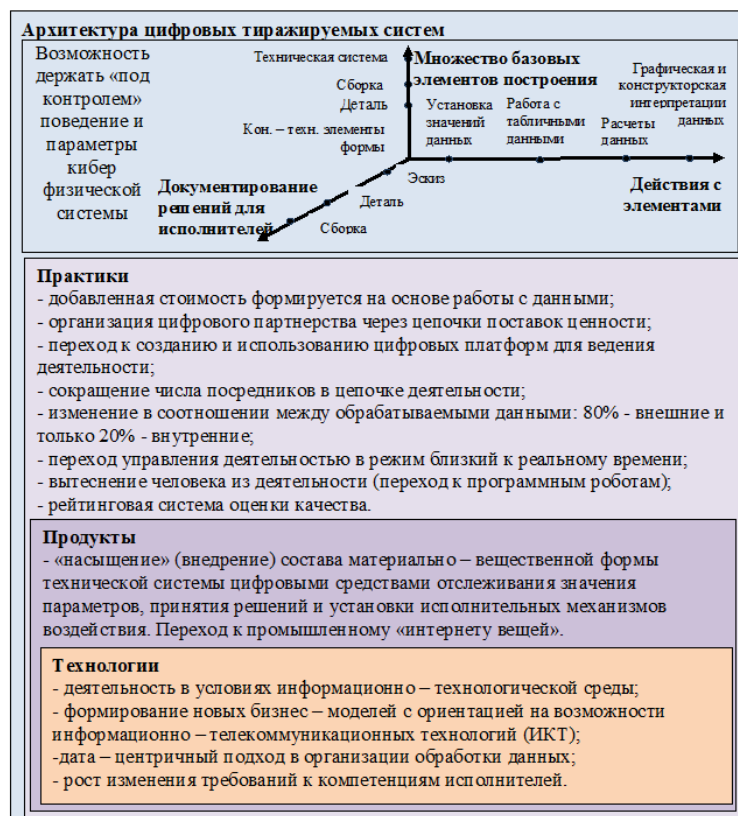


Рис. 3. Влияние цифровой трансформации на архитектуру, практики, продукты и технологии при переходе к цифровой организации (на примере машиностроения)

Fig. 3. The impact of digital transformation on architecture, practices, products and technologies during the transition to a digital organization (using the example of mechanical engineering)

Global overview of the implementation of the "Industry 4.0" concept for 2016 [6]

Признак	Автоматизация	Цифровизация
Ключевой эффект	Ускорение процессов деятельности и снижение влияния человеческого фактора на ошибки	Снижение издержек при выполнении деятельности, ее совершенствование и создание «гибкости»
Отношение к реальности	В информационной среде (ИС) организации пространство физической реальности отражается косвенно. ИС не изменяет способ ведения бизнеса	ИС организации строится на создании и использовании «цифрового двойника» физической реальности. ИС изменяет способ ведения бизнеса на основе адаптации к современным инструментам и технологиям
Изменение роли ИТ в деятельности	«Физическая» деятельность организации только косвенно зависит от сбоев в ИС и обычно не приводит к полной остановке. Есть возможность перейти «на ручные» (бумажные) формы управления	Без наличия «цифрового двойника» физической реальности деятельность организации существенно ограничена. Основой всей деятельности становится работа с информацией
Отношение к человеку	Все управленческие решения принимает человек. Под него настроено информационное пространство. Компьютер выполняет роль помощника человека при выполнении деятельности	При цифровизация информационное пространство использует не только физическую реальность в форме «цифрового двойника», но и допускает возможность «замещения» и «исключения» человека из процессов принятия решений. Происходит подмена человека в выполнении деятельности

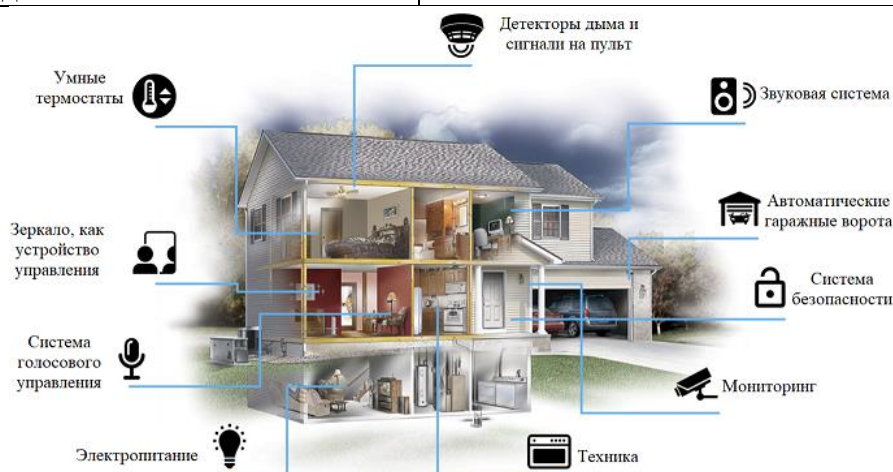


Рис. 4. Умный дом – «насыщение» (внедрение) в состав материальной – вещественной формы технической системы разнообразных цифровых средств отслеживания значения параметров (датчиков), принятия решений (контроллеров) и установки исполнительных механизмов управления (воздействия) на параметры.

Fig. 4. Smart home – "saturation" (introduction) into the material – material form of a technical system of various digital means of tracking the values of parameters (sensors), decision-making (controllers) and the installation of control actuators (effects) on the parameters.

3. Цифровые бизнес – модели. Непрерывный мониторинг существенно важных значений параметров сложного изделия в ходе эксплуатации и их сравнение с ожидаемыми результатами на основе «цифрового двойника» позволяет переходить к принципиально новым бизнес-моделям (рис.

5). Глубокое партнерство участников деятельности возникает на базе единого информационного и коммуникационного пространства с использованием «цифровой нити» (рис. 6).

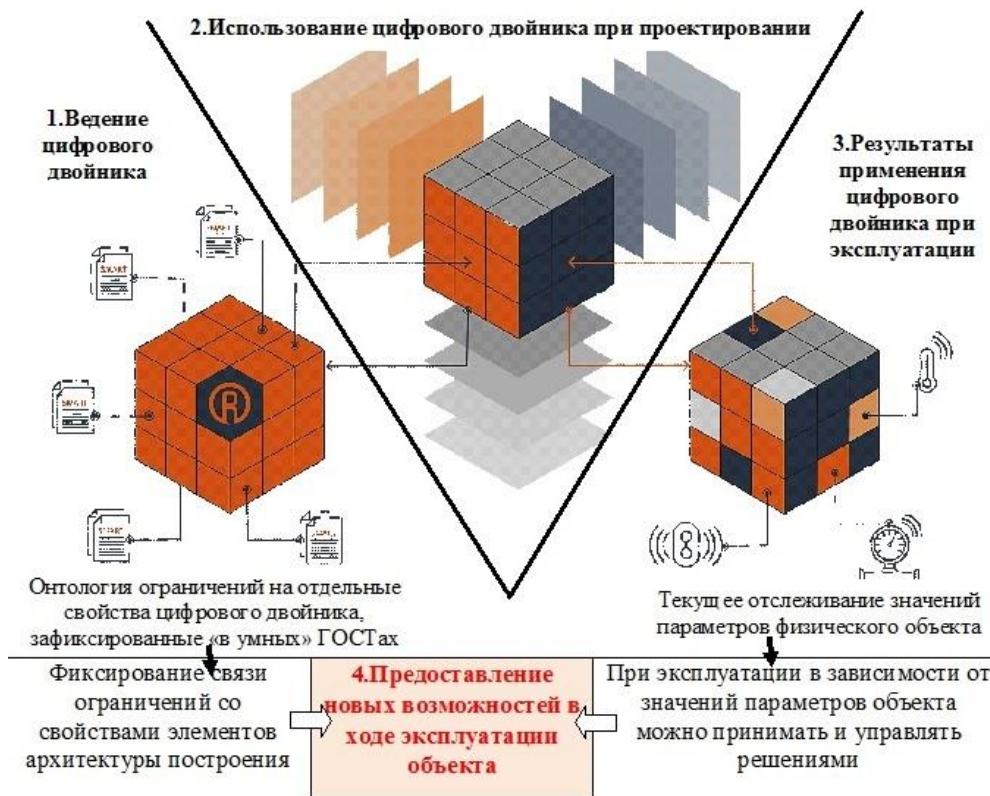


Рис. 5. Шаги по перестройке деятельности при работе с «цифровым двойником»
Fig. 5. Steps for restructuring activities when working with a "digital double"

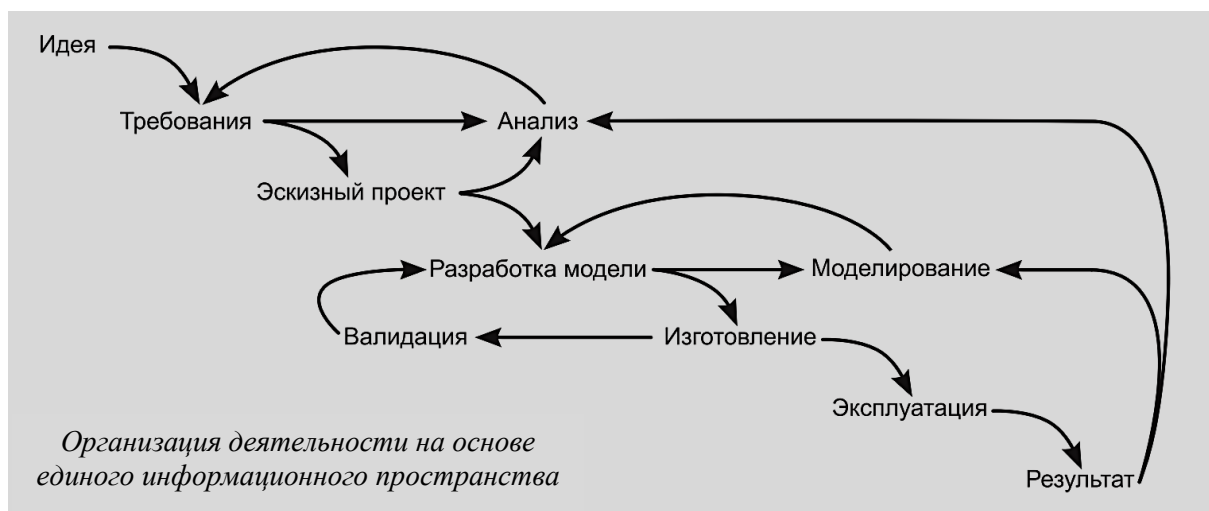


Рис. 6. Схема взаимосвязей в модели «цифровая нить» в ходе ведения разработки
Fig. 6. The scheme of relationships in the "digital thread" model during development

«Цифровая нить» дает возможность представить организацию бизнеса для

достижения конечного результата на уровне всей экосистемы и на уровне отдельных

предприятий. Иерархия цепочки создания ценности в машиностроении построена через взаимодействие управляющей компании, опытно – конструкторского бюро, головного серийного производства, набора производителей комплектующих, клиентов и центров послепродажного обслуживания.

Отдельная организация имеет статус самостоятельной единицы, но никто не запрещает ей одновременно участвовать в множестве цепочек деятельности. Для удобства деятельности управляющая компания (выступающая в качестве агрегатора) представляет единую цифровую платформу. Эта цифровая платформа позволяет самостоятельным участникам деятельности реализовать свои цепочки создания ценности, привлекая необходимых участников. При этом, агрегатор получает возможность отслеживать текущую информацию и иметь механизмы воздействия на эти цепочки.

5. Цифровая квазиустойчивость. Появление стандартов ISO обосновало в качестве ключевого средства обеспечение устойчивости деятельности организации как бизнес-процессы, так и информационные системы (ИС) для их поддержки. Для цифровой организации способность осуществлять изменения в любой момент и в любом направлении деятельности (эту способность будем называть квазиустойчивостью) является существенным признаком. Для цифровой организации текущая информационная картина призвана обеспечить возможность принимать решения в режиме близком к реальному времени, а жесткие требования к необходимости реагировать на результаты деятельности становятся практической необходимостью. Жесткость этих требований является обоснованием передачи многих действий по принятию решений от человека к компьютеру. Именно поэтому цифровые организации вынуждены смещать работу с информацией от документов целиком к дата-центричному подходу. Эта возможность имеет двойкий характер: может помочь получить преимущество от высокой скорости реагирования, но и подвержена риску потери управления из-за ошибок, возникающих в потоке событий («сваливание деятельности в штопор»).

6. Новые требования цифрового мира. К сотрудникам организаций цифрового мира предъявляются новые требования. Особенно к тем, кто хочет и желает добиться успеха. В

организации всегда будет группа исполнителей, заинтересованных только в выполнении своих функциональных обязанностей. Неограниченная информированность для таких исполнителей не нужна и даже опасна.

При цифровизации информационное пространство деятельности зачастую выходит за границы отдельной организации и распространяется на всю цепочку создания ценности. В цифровых организациях для решения текущих задач средства обработки и анализа данных предоставляют сотрудникам достаточно полный объем информации. Циркулирующий поток данных о деятельности становится не просто «большим», но и дает возможность сотрудникам «нащупать» закономерности, которые при традиционной обработке достаточно сложно «уловить».

Цифровизация обеспечивает перевод управления деятельностью организации в режим близкий к реальному времени (Real Time Enterprise, RTE). Сочетание единого информационного пространства, быстрого набора знаний и доминирующей культуры, ориентированной на изменения, дает возможность на основе RTE сокращать время и повышать качество принятия решений на всех уровнях управления бизнесом. Такой подход к управлению цифровой организацией позволяет быстрее адаптироваться к внешним условиям и проводить изменения. В цифровой организации реформирование **деятельности** выполняется на порядок быстрее, чем «при аналоговой» форме с участием человека.

Информированность деятельности способствует появлению конкуренции между отдельными агентами-исполнителями (рис. 7). Если участники цепочки «выпадают» из заданного темпа деятельности, то им придется уступить место другим и вернуться к традиционной форме деятельности. Это существенно снижает конкурентное преимущество организации в будущем.

Цифровизация по сравнению с автоматизацией в значительно большей степени изменяет отношение к человеческому труду в регулярной рутинной деятельности. В цепочке НОРД (наблюдать, ориентироваться, рассуждать и действовать) первые три шага деятельности выступают как основные кандидаты на замену человека роботами.

При цифровизации, одновременно с процессом «вытеснения» из деятельности роботами человека, можно наблюдать и процесс примитивизации исполняемых

функций и самим человеком. Например, бизнесы по быстрой доставке готового питания построены на трех постулатах. Это цифровая платформа управления формированием заказа и организацией контроля его доставки через интернет; армия доставщиков с простыми навыками (их можно

интерпретировать как мобильные «биороботы», управляемые навигатором); массовая культура потребления, доступная в зоне Интернета и использующая возможности получения готовых продуктов питания, изготовленных для потребителей «на заказ» промышленным способом.

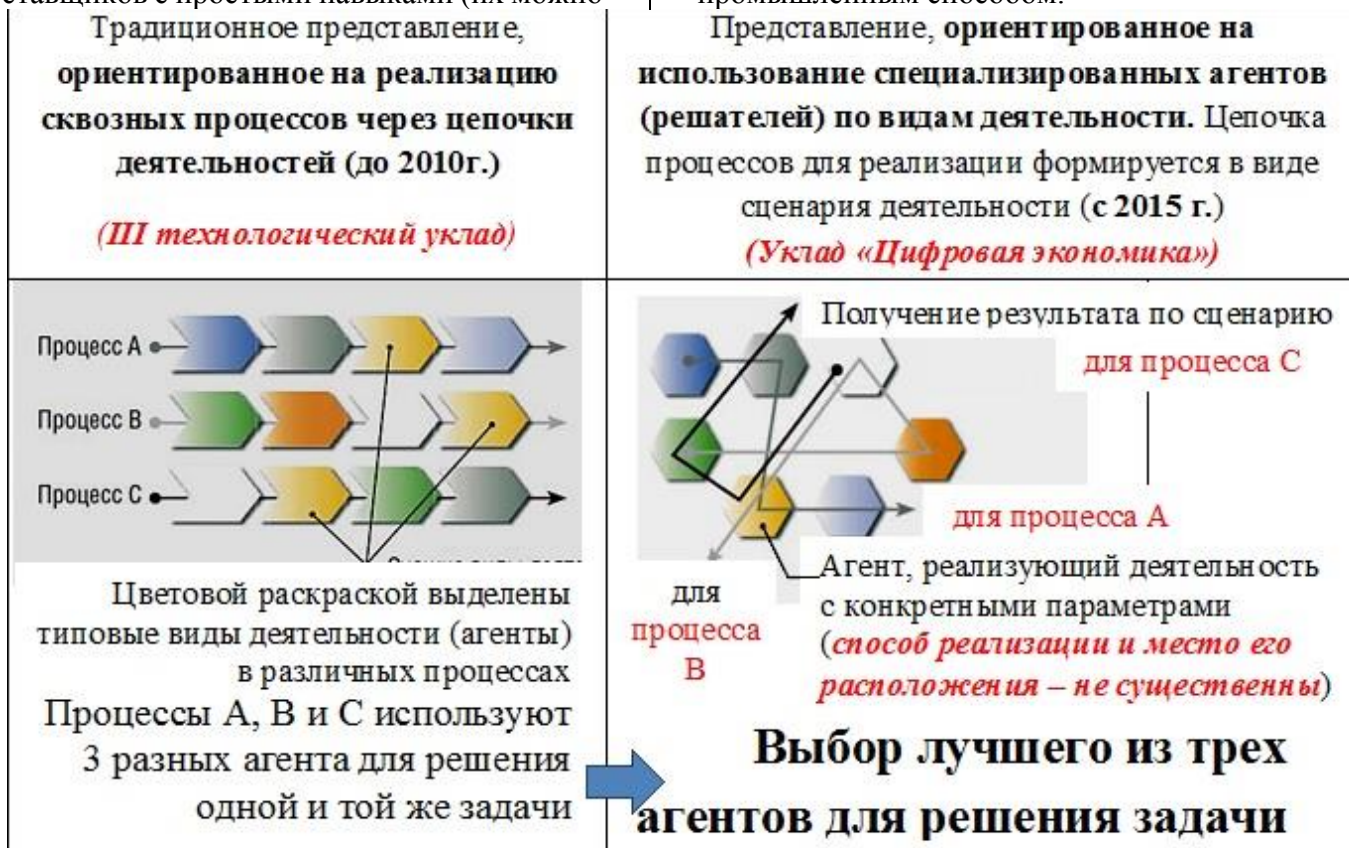


Рис. 7. Влияние технологических укладов на представление деятельности, связанной с организацией обработки информации на компьютерах

Fig. 7. The influence of technological structures on the representation of activities related to the organization of information processing on a computer

7.Корпоративная архитектура – что нового? Сегодня руководитель организации заинтересован во владении архитектурными подходами и соответствующим мышлением, чтобы правильно ориентироваться в своей работе со всеми перечисленными вызовами.

В таблице 2 и на рис. 8 приведено наше видение «мостика» для перехода от традиционной архитектуры автоматизации [7] к архитектуре будущей цифровизации.

Особенности наполнения слоев архитектуры при автоматизации и цифровизации Таблица 2.

Features of filling architecture layers in automation and digitalization Table 2.

Слой архитектуры	Содержание	Автоматизация	Цифровизация
Бизнес	Поток исполнимых бизнес – процессов для достижения ценности	Отдельная организация ИС на основе взаимодействия бизнес - процессов	Организация является только частью экосистемы. Агрегатор с помощью платформенных решений использует ИС для решения целевой задачи

Функции процессы	Поток передачи данных построен на едином представлении о бизнес - процессе	Модели функций и бизнес-процессов в составе ИС с учетом их взаимосвязей	Информационная поддержка контролируемой и взаимодействующей в рамках платформы цепочки создания ценностей
Информационная поддержка	Визуализация и представление данных, необходимых для исполнителей при выполнении функций	Ориентация на предметную область через словарь терминов, баз данных с нормативно-справочной информацией	Использование цифровых двойников и онтологий, переход к «умным» ГОСтам и системам компьютерных баз знаний
Данные	Данные в различных системах призваны обеспечить информационную поддержку деятельности	«Физические» данные в системах. Форма представления ориентирована на человеческое восприятие	Потоки «больших» данных, отделенные от систем-источников. Эти данные используются для воздействия на исполнительные элементы экосистемы (датчики, контроллеры, исполнительные механизмы и т.д.)
Информационные системы	Набор программных приложений для работы в компьютерной среде	Прикладные информационные системы часто дублирующие аналогичные реализации в составе экосистемы	Цифровые платформы: среда обитания, гармонизации интересов всех участников деятельности

Традиционный подход к автоматизации строится на ИС, ориентированных на решение регулярных задач, оформленных в виде бизнес - процессов. Управление при цифровизации ориентируется на новое понимание информационно – технологической среды деятельности (ИТС), которая становится «средой обитания» (платформой), учитывающий интересы всех участников совместной деятельности в ходе постоянных изменений (рис. 9).

8.В чем необходимость корпоративной архитектуры? При развитии бизнеса и технологий архитектура предприятия в нашей стране достаточно долго находилась «в тени». Этому способствовали два фактора: масштаб и изменчивость деятельности. Чем крупнее (а значит - сложнее) объект управления и чем больше он подвержен серьезным изменениям, тем существеннее возрастает необходимость учета влияния возможности контроля его устройства и значения параметров в ходе эксплуатации.

Здесь уместно напомнить детскую сказку об организации строительства домиков тремя поросятами. Первый домик из соломы был

самым эффективным с точки зрения метрик управления проектами: выполняет свою функцию, построен быстро и дешево. А третий домик с фундаментом и кирпичными стенами потребовал проектирования, строился долго и обошелся значительно дороже. Нападение волка (изменение внешних условий) привело не только к разрушению первых двух домиков, но и к угрозе жизни их «строителей». Только третий домик из кирпича дал возможность сохранить трех поросят в целостности и сохранности.

Технологические решения во многих крупных организациях достигли функционального насыщения. Внедрение нового технологического решения, без анализа рисков его негативного влияния на другие существующие решения и учета изменений внешних условий, невозможно. Именно для этого уже требуются архитектурные модели.

Значимость архитектуры возрастает в условиях цифровой экономики, в которой «выживет» не самый большой и устойчивый, а тот, кто готов и может участвовать в создании общих ценностей и быстро

адаптировать свои ресурсы ради достижения цели. В данной трактовке значимость архитектуры в управлении цифровизацией выступает двояко: на этапе проектирования

архитектура воспринимается «как объект», а на этапе внедрения, сопровождения и управления изменениями - архитектура ближе к понятию «процесс» (рис. 10).



Рис. 8. Пространство представления архитектуры
Fig. 8. Architecture representation space

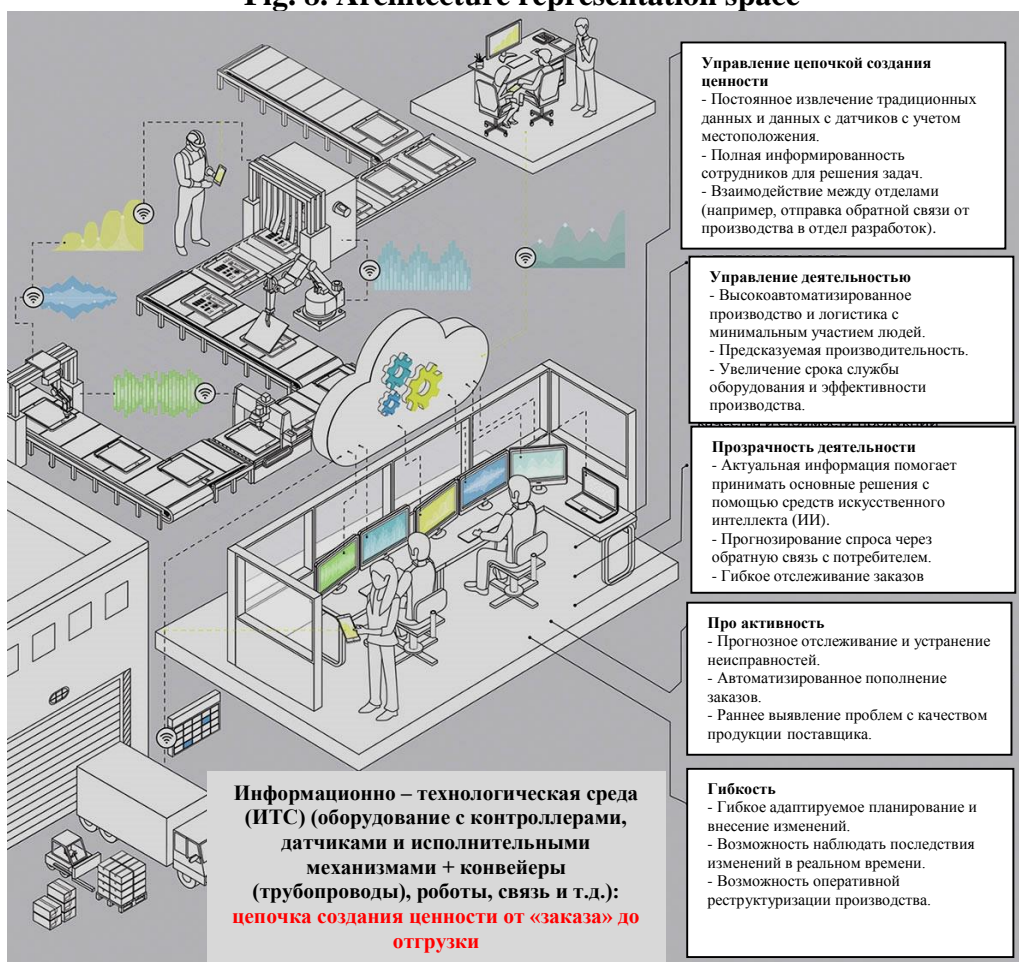


Рис. 9. Ключевые особенности «умной цифровой фабрики», полученные на основе трансформации материалов из источника [8]

Fig. 9. Key features of the "smart digital factory" obtained on the basis of transformation of materials from the source [8]



Рис. 10. Влияние масштаба и изменчивости технической системы формирует четыре зоны разных подходов к восприятию архитектуры в деятельности предприятия (как «объекта» или как «процесса»)

Fig. 10. The influence of the scale and variability of the technical system forms four zones of different approaches to the perception of architecture in the activity of the enterprise (as an "object" or as a "process")

Для предпринимателя роль и значение архитектуры связаны с ответом на вопрос: ЧТО МЫ СТРОИМ? Если что-то разовое, простое – то без архитектуры вполне можно обойтись. Значение архитектуры становится существенным, когда нам необходимо иметь приспособляемую к изменениям внешней среды сложную техническую систему. Важность вопроса архитектуры связана еще и

с тем, что нынешнее поколение переживает глобальную смену технологического уклада в организации деятельности на основе ИТС (рис. 7). Новые технологические решения (чаще всего информационные) модернизируют производственные процессы, бизнес-модели, формы организации, культуру управления (рис. 11).

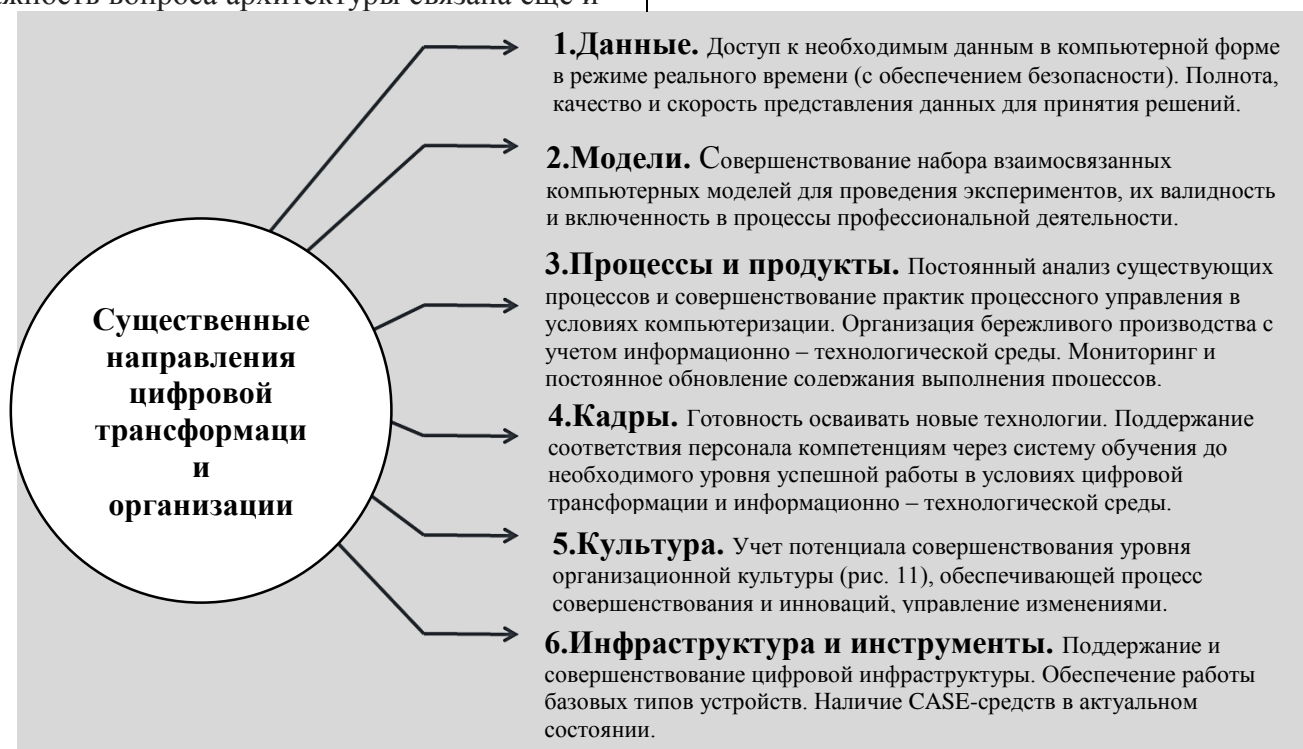


Рис. 11. Направления совершенствования деятельности при цифровой трансформации
Fig. 11. Directions for improving activities in digital transformation

Изменения касаются не только элементов организаций, но и логики их взаимодействия, формы представления требований с решениями для отдельных исполнителей. В цифровой организации драйвером деятельности выступают лидеры изменений через формирование культуры (рис. 12). Такие сотрудники вынуждены принимать существенные решения «на лету». Этого можно достичь только при повышенной **информированности о ходе деятельности**.

Современные лидеры цифровой трансформации – это специалисты с определенными качествами. С одной стороны, основательные требования к профессиональным и технологическим компетенциям, однако определяющими

становятся навыки, позволяющие руководителю смотреть «вперед» и понимать, как координировать деятельность окружающих исполнителей для достижения заданных целей.

Организация перехода к цифровой трансформации возможна только при наличии лидера, который покажет преимущества внедрения компьютерных технологий в тех или иных сферах деятельности. Это огромная задача, стоящая перед большим количеством организаций машиностроения в России. В организациях реально востребованы лидеры, чьи навыки и мировоззрение позволят организовать управление переходом к цифровой трансформации.

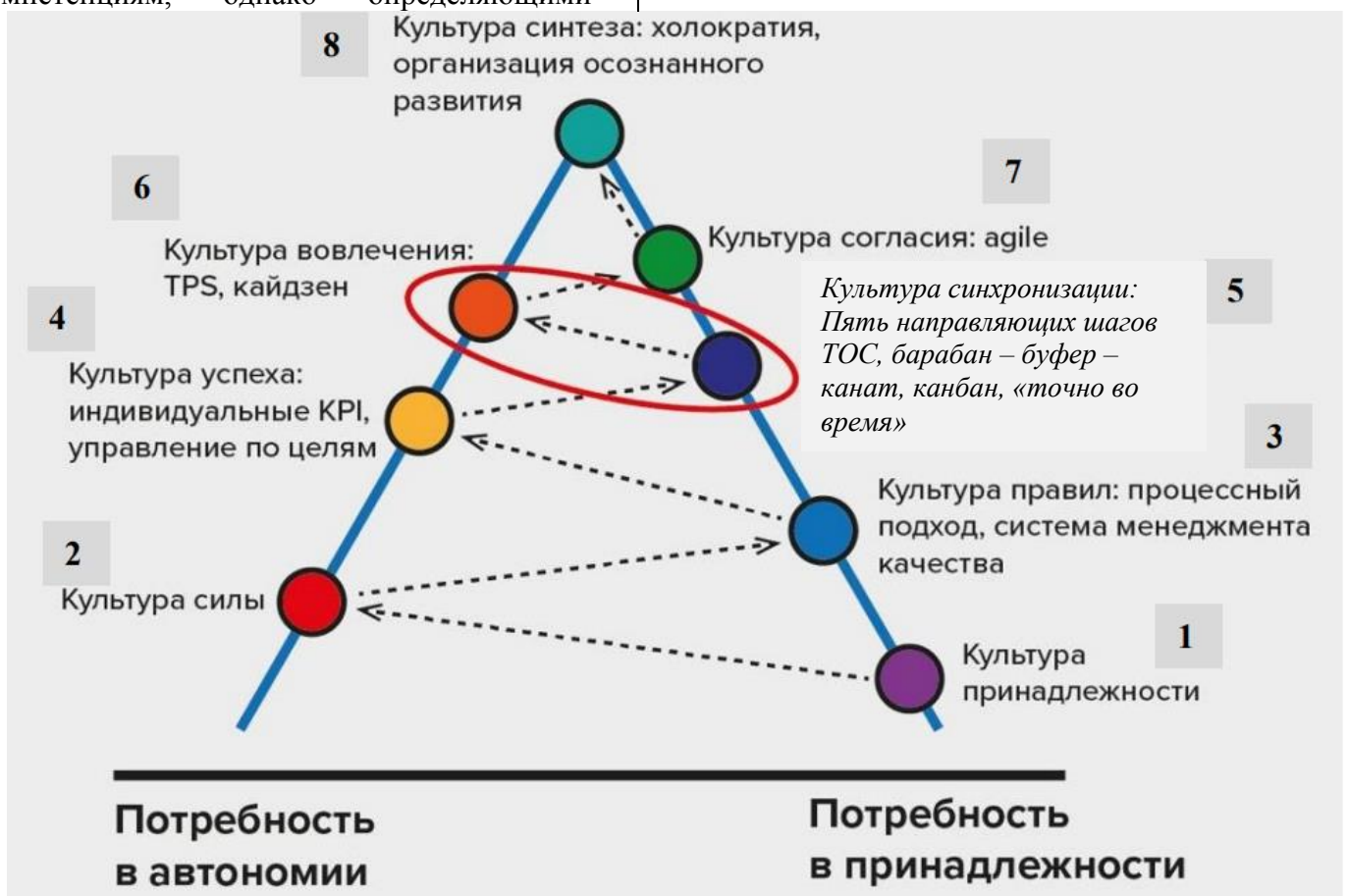


Рис. 12. «Спиральная» динамика совершенствования культуры организации деятельности

Fig. 12. The "spiral" dynamics of improving the culture of the organization of activities

На рис. 13 показана, разработанная авторами, предметно-формирующая среда обучения специалистов цифровой трансформации.

Логико-смысловое представление построено на использовании работ Штейнберга [9].



Рис. 13. Логико-смысловое представление о трансформации деятельности в условиях ИТС
 Fig. 13. Logical and semantic representation of the transformation of activity in ITS conditions

Заключение

Перспективным направлением дальнейших исследований является анализ взаимосвязи логико-смыслового представления среды

обучения и информационно-технологической среды профессиональной деятельности будущих инженерных кадров [10].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чернов А.В., Ананьин В.И., Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Управление информатизацией предприятия с использованием архитектурных подходов в Кн. 1: Формирование и оценка архитектуры предприятия. М., АСИТЭКС, 2018. 358 с. ISBN 978-5-6042084-9-6.
2. Ананьин В.И., Чернов А.В. Чем отличаются архитектурные подходы при автоматизации и цифровизации? URL: https://www.cnews.ru/articles/2019-06-03_chem_otlichayutsya_arhitekturnye_podhody_pri_avtomatizatsii_i_tsifrovizatsii (дата обращения: 25.09.2023).
3. Кун Т. Структура научных революций. Перев. И.З. Налётова. М.: Прогресс. 1975. 288 с.
4. Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Мелешина Г.А. Создание автоматизированных систем в машиностроении. М.: Станкин. 2001. 157 с. ISBN 5-7028-0126-1. EDN TEXWUV.
5. Остервальдер А., Пинье И. Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора. Из-ние на русском языке, оформление. ООО «Альпина Паблишер», 2012. 284 с. ISBN 978-5-9614-1844-6.
6. Агамирзян И. и др. Всемирный обзор реализации концепции «Индустрия 4.0» за 2016 г. 2016. URL: <https://решение->

REFERENCES

1. Chernov A.V., Ananyin V.I., Avdoshin S.M., Pesotskaya E.Yu. Management of Enterprise Informatization Using Architectural Approaches. In: Formation and Assessment of Enterprise Architecture. Book 1. Moscow: ASITEKS; 2018. 358 p.
2. Ananyin V.I., Chernov A.V. How Do Architectural Approaches Differ Between Automation and Digitalization? [Internet] [cited 2023 Sep 25]. Available from: https://www.cnews.ru/articles/2019-06-03_chem_otlichayutsya_arhitekturnye_podhody_pri_avtomatizatsii_i_tsifrovizatsii.
3. Kuhn T. The Structure of Scientific Revolutions. Moscow: Progress; 1975. 288 p.
4. Rybakov A.V., Evdokimov S.A., Meleshina G.A. Creation of Automated Systems in Mechanical Engineering. Moscow: Stankin; 2001. 157 p.
5. Osterwalder A., Pinier I. Construction of Business Models. A Handbook for the Strategist and Innovator. Alpina Publisher LLC; 2012. 284 p.
6. Agamirzyan I, et al. Worldwide Review of Implementing the Concept "Industry 4.0" for 2016. [Internet]. 2016 [cited 2023 Sep 25]. Available from: <https://resolution->

[верное.рф/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_Thesmartfactory/DUP_Thesmartfactory.pdf)
(дата обращения: 25.09.2023).

7. **Deloitte, The smart factory: Responsive, adaptive, connected manufacturing.** 2017. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_Thesmartfactory/DUP_Thesmartfactory.pdf (дата обращения: 25.09.2023).

8. **Штейнберг В.Э., Сыгина Н.С., Манько Н.Н.** Технологии когнитивной навигации в кейс - программах подготовки специалиста: для студентов и аспирантов педагогических вузов. М.: Народное образование, 2017. 148 с. ISBN 978-5-87953-421-4.

9. **Гришина Е.** В чем отличие цифровизации от автоматизации процессов выберите верные тезисы. URL: <https://electrocommerce.ru/v-chem-otlichie-cifrovizacii-ot-avtomatizacii-processov-vyberite-vernye-tezisy/> (дата обращения: 25.09.2023).

10. **Федонин О.Н., Симкин А.З., Можяева Т.П. и др.** Обоснование результативности деятельности Центров технического образования // Эргодизайн. 2022. № 3(17). С. 189-198. DOI 10.30987/2658-4026-2022-3-189-198. EDN CIUNQG.

[correct.rf/sites/default/files/global_industry-2016_rus.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_The-smart-factory/DUP_The-smart-factory.pdf).

7. **Deloitte. The Smart Factory: Responsive, Adaptive, Connected Manufacturing.** [Internet]. 2017 [cited 2023 Sep 25]. Available from: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_The-smart-factory/DUP_The-smart-factory.pdf.

8. **Steinberg V.E., Sytina N.S., Manko N.N.** Technologies of Cognitive Navigation in Case-Training Studies Specialist Programmes: for Undergraduate and Graduate Students of Pedagogical Universities. Moscow: Public Education; 2017.

9. **Grishina E.** What is the Difference Between Digitalization and Automation? Select the Correct Theses. [Internet]. [cited 2023 Sep 25]. Available from: <https://electrocommerce.ru/v-chem-otlichie-cifrovizacii-ot-avtomatizacii-processov-vyberite-vernye-tezisy/>.

10. **Fedonin O.N., Simkin A.Z., Mozhaeva T.P. et al.** Substantiating the performance of technical education centres. Ergodesign. 2022;3(17):189-198. DOI 10.30987/2658-4026-2022-3-189-198.

Информация об авторах:

Рыбаков Анатолий Викторович – к.т.н., доцент, старший научный сотрудник, тел.: 8(499) 978-51-72, международные идентификационные номера автора: Spin-код 3936-2013, Author-ID-РИНЦ 424359

Евдокимов Сергей Александрович – к.т.н., доцент, тел.: 8(499) 978-99-62, международные идентификационные номера автора: Spin-код 8133-8025, Author-ID-РИНЦ 643669

Краснов Андрей Анатольевич – к.т.н., доцент, тел.: 8(499) 978-99-62, международные идентификационные номера автора: Spin-код 3695-6987, Author-ID-РИНЦ 631735

Шурпо Александр Николаевич – к.т.н., старший научный сотрудник, тел.: 8(499) 978-26-02, международные идентификационные номера автора: Spin-код 1044-6787, Author-ID-РИНЦ 644472

Information about the authors:

Rybakov Anatoly Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, ph.: 8(499) 978-51-72, the author's international identification numbers: Spin-code 3936-2013, Author-ID-RSCI: 424359

Evdokimov Sergey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ph.: 8(499) 978-99-62, the author's international identification numbers: Spin-code 8133-8025, Author-ID-RSCI: 643669

Krasnov Andrey Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ph.: 8(499) 978-99-62, the author's international identification numbers: Spin-code 3695-6987, Author-ID-RSCI: 631735

Shurpo Alexander Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, ph.: 8(499) 978-26-02, the author's international identification numbers: Spin-code 1044-6787, Author-ID-RSCI: 644472

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.09.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023; принята к публикации 13.10.2023. Рецензент – Падерно П.И., доктор психологических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного технического университета («ЛЭТИ им. В.И. Ульянова-Ленина»), член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 4th of September, 2023; approved after the peer review on the 6th of October, 2023; accepted for publication on the 13th of October, 2023. Reviewer – Paderno P.I., Doctor of Psychology, Professor of Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.