

УДК 338.2:378

DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-3-108-121

Научная статья

Язык статьи – русский

Архитектура исследовательского университета как фактор формирования динамических способностей наукоёмкой организации в условиях технологического суверенитета

Д-р экон. наук, профессор **Ветрова Елена Николаевна** vetrovael3@yandex.ru
Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Россия, Санкт-Петербург

Терентьев Александр Игоревич aiterentev@itmo.ru

Университет ИТМО

Россия, Санкт-Петербург

Актуальность исследования связана с необходимостью повысить устойчивость российских исследовательских университетов, инжиниринговых центров и R&D-подразделений в условиях санкционных ограничений, импортозамещения и растущих требований к цифровой независимости. Цель статьи – обосновать архитектуру предприятия как фактор роста наукоёмкой организации в условиях технологического суверенитета. Методологическую основу работы образуют концепция динамических способностей, методологические подходы к архитектуре предприятия, методы стратегического анализа (PEST-анализ, модель пяти конкурентных сил М. Портера и метод взвешенной оценки ключевых факторов успеха). Эмпирической базой послужили открытые документы стратегического развития Университета ИТМО, нормативные документы РФ и научные публикации по архитектуре предприятия, цифровой трансформации и технологическому суверенитету. Научная новизна исследования заключается в концептуальной разработке модели влияния архитектуры предприятия на развитие и рост наукоёмкости организации. Модель связывает архитектурные домены, динамические способности на рынке и результаты развития предприятия. Кроме того, предложена шкала и система индикаторов архитектурной зрелости. На примере Университета ИТМО, в сопоставлении с российскими и зарубежными университетами, показано, что достижение стратегических целей исследовательского университета требует перехода от разрозненных цифровых решений к единой архитектурно управляемой экосистеме. Практическая значимость результатов в том, что результаты данного исследования целесообразно применять при разработке архитектурных дорожных карт университетов и иных наукоёмких организаций.

Ключевые слова: цифровая трансформация, стратегический анализ, исследования и разработки, система управления, цифровая зрелость.

Ссылка для цитирования:

Ветрова Е.Н., Терентьев А.И. Архитектура исследовательского университета как фактор формирования динамических способностей наукоёмкой организации в условиях технологического суверенитета // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2026. № 3. С. 108-121. DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-3-108-121.

Scientific article

Article in Russian

Enterprise architecture as a mechanism for developing dynamic capabilities of a knowledge-intensive organization in the context of technological sovereignty

D.Sc., professor **Vetrova Elena Nikolaevna** vetrovael3@yandex.ru
St. Petersburg state university of economics, Russia, St. Petersburg

Terentyev Alexander Igorevich aiterentev@itmo.ru

ITMO University, Russia, St. Petersburg

The article aims to substantiate enterprise architecture as a factor in the growth of a knowledge-intensive organization in the context of technological sovereignty. The study is driven by the need to strengthen Russian research universities, engineering centers and R&D units under sanctions, import substitution and growing requirements for digital independence. The methodological basis includes the concept of dynamic capabilities, enterprise architecture approaches, PEST analysis, Porter's five forces model and weighted assessment of key success factors. The empirical basis consists of open strategic documents of ITMO University, regulatory documents of the RF and academic publications on enterprise architecture, digital transformation and technological sovereignty. The scientific novelty of the study lies in a three-level conceptual model of how enterprise architecture affects the growth of a knowledge-intensive organization. The model links architecture domains, dynamic capabilities and growth outcomes. The article also proposes a five-level scale and a set of indicators of architectural maturity. Drawing on the case of ITMO University and comparing it with Russian and international universities, the article shows that achieving strategic goals requires a shift from fragmented digital solutions to an integrated architecture-driven ecosystem. The practical value of the results is that the proposed model and maturity scale can be applied when developing architectural roadmaps for universities and other knowledge-intensive organizations.

Keywords: digital transformation, strategic analysis, research and development, management system, digital maturity.

For citation:

Vetrova E.N., Terentyev A.I. Enterprise architecture as a mechanism for developing dynamic capabilities of a knowledge-intensive organization in the context of technological sovereignty. *Scientific journal NRU ITMO. Series «Economics and Environmental Management»*. 2026. № 3. P. 108-121. DOI: 10.17586/2310-1172-2026-19-3-108-121.

Введение

Актуальность темы связана с курсом РФ на достижение технологического суверенитета, который закреплён в Концепции технологического развития на период до 2030 года [1]. В условиях санкционных ограничений, перестройки международного научно-образовательного сотрудничества и необходимости импортозамещения возрастает значение исследовательских университетов, инжиниринговых центров и R&D-подразделений, которые формируют кадровый, технологический и инновационный задел для национальной экономики [2].

Для таких организаций рост всё в меньшей степени определяется только объёмом ресурсов, численностью персонала или масштабом инфраструктуры. Повышается важность системы управления, которая обеспечивает согласованность стратегии, процессов, данных, цифровых сервисов и технологической инфраструктуры. Речь идет об архитектуре организации, под которой понимается целостное описание организации, её процессов, информационных систем, данных, инфраструктуры и принципов развития [3; 4; 8].

В условиях технологического суверенитета архитектура предприятия приобретает особое значение. Она определяет границы управления внутренней цифровой трансформацией, критическую зависимость от внешних технологических поставщиков и формирования единой модели данных, повышения устойчивости цифровой среды, встраивания требований информационной безопасности в проектирования организационных изменений. Для исследовательского университета это особенно важно, поскольку он одновременно является образовательной организацией – поставщиком кадров для высокотехнологичных отраслей, научным центром, участником инновационной экосистемы.

Объект исследования – это наукоёмкая образовательная организация в условиях цифровой трансформации и технологического суверенитета (исследовательский университет).

Предмет исследования – архитектура организации, как фактор формирования динамических способностей, обеспечивающих рост организации.

Цель работы – разработать и обосновать предложения по развитию архитектуры организации в условиях технологического суверенитета на примере Университета ИТМО.

Для достижения цели поставлены задачи: уточнить содержание архитектуры предприятия применительно к наукоёмкой организации; выявить исследовательский разрыв в работах по архитектуре предприятия, цифровой зрелости и цифровой трансформации университета; провести стратегический анализ внешней и конкурентной среды Университета ИТМО, сопоставив его позиции с российскими и зарубежными университетами; определить архитектурные приоритеты, которые обеспечивают достижение стратегических ориентиров университета в условиях технологического суверенитета.

Исследовательский вопрос: каким образом архитектура предприятия влияет на способность наукоёмкой организации достигать стратегических целей в условиях технологических ограничений, роста требований к импортонезависимости и усилению конкуренции на рынке ИТ-образования?

Гипотеза исследования: архитектура предприятия наукоёмкой организации положительно влияет на её устойчивый рост за счёт более высокой согласованности стратегии, процессов, данных, приложений, технологической инфраструктуры и информационной безопасности. Для исследовательского университета это проявляется в ускорении запуска новых образовательных продуктов, повышении прозрачности НИОКР, развитии индивидуальных образовательных траекторий, улучшении управленческой аналитики и снижении зависимости от внешних цифровых платформ.

Научная новизна исследования состоит в том, что архитектура предприятия определена как фактор формирования динамических способностей наукоёмкой организации в условиях технологического суверенитета. В отличие от подходов, где цифровая зрелость рассматривается преимущественно как состояние ИТ-инфраструктуры, в статье предложена логика связи архитектуры предприятия с факторами роста университета: адаптивностью процессов развития, интеграцией данных, снижением технологической зависимости и повышением управляемости исследовательской и образовательной деятельности. Дополнительным элементом новизны стала предложенная пятиуровневая шкала и система индикаторов архитектурной зрелости, применимая к классу наукоёмких организаций, включая инжиниринговые центры и R&D-подразделения.

Практическая значимость исследования в том, что предложенную модель и шкалу зрелости можно использовать при разработке архитектурных дорожных карт университетов, инжиниринговых центров и R&D-подразделений.

Обзор литературы

В современной теории управления архитектуру организации понимают как совокупность принципов, методов и моделей, которые применяются для проектирования организационной структуры, бизнес-процессов, информационных систем и инфраструктуры предприятия [3]. Методологически этот подход опирается на стандарты методологии архитектуры предприятия, практики бизнес-инжиниринга и [4; 7; 8]. Архитектура организации определена нами как основа системы управления в контексте формирования динамических способностей наукоёмкой организации.

Исследования научной литературы позволило выявить несколько подходов для построения архитектуры объекта исследования (университета).

Первый подход связан с прикладным проектированием архитектуры цифрового университета. Здесь рассматривают подходы к построению архитектуры вуза на конкретных платформах [8], применение классических фреймворков, включая методологию Захмана, к описанию образовательной организации [9], а также концепцию цифрового университета как платформы подготовки кадров для цифровой промышленности [10].

Второй подход основан на практических руководствах по интеграции архитектурных решений в вузе [13], на формировании гибкой архитектуры предприятия как условия цифровой трансформации высших учебных заведений [14], а также на роли профессиональных сообществ в распространении архитектурной практики [15].

Третий подход связан с цифровой трансформацией и цифровой зрелостью университета. Так, рассматриваются глобальные тренды трансформации университетов [16], формирование постцифрового университета [12], цифровую зрелость как показатель успешности цифровой трансформации, под которой понимается насколько эффективно вуз использует цифровые технологии во всех сферах своей деятельности [17], а также методы мониторинга и оценки цифровой зрелости образовательных организаций [18; 19; 20].

При этом значительная часть исследований трактует цифровую зрелость преимущественно как состояние ИТ-систем, уровень внедрения цифровых сервисов или готовность образовательной организации к использованию цифровых технологий. Архитектуре предприятия как управленческой категории, которая согласует стратегию, процессы, данные, приложения, инфраструктуру и информационную безопасность, внимания уделяют меньше.

Теоретической основой для развития подходов к архитектуре организации используем концепцию динамических способностей организации. В её рамках устойчивость организации определяется тем, насколько она способна целенаправленно создавать, интегрировать и перестраивать ресурсную базу в ответ на изменения внешней среды [5; 9; 21; 24]. Применительно к российским условиям отмечается, что динамические способности приобретают особое значение в сверхконкурентной и ресурсно-ограниченной среде [24].

С этих позиций архитектуру предприятия можно рассматривать как фактор формирования динамических способностей организации. Она задаёт правила изменения процессов, данных, приложений и инфраструктуры, снижает стоимость организационной трансформации и повышает скорость адаптации к внешним вызовам.

Методология исследования

Исследование выполнено в формате аналитического кейс-стади и опирается на сочетание качественных и экспертно-аналитических методов. Кейс Университета ИТМО выбран потому, что у университета выраженный ИТ-профиль, он реализует стратегию развития до 2030 года, активно развивает цифровую среду и остаётся значимым участником российской научно-образовательной и инновационной экосистемы [6].

Эмпирическую базу исследования составили открытые источники: Концепция технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года [1], Программа развития Университета ИТМО до 2030 года [6], публикации по архитектуре предприятия, бизнес-инжинирингу, стратегическому управлению и цифровой трансформации [3; 4; 7; 8], а также исследования по оценке внешней и конкурентной среды высокотехнологичных организаций [28; 29; 30].

Авторами проведён анализ внешней и конкурентной среды университета методами стратегического анализа для выявления привлекательности отрасли объекта исследования для развития и направлений развития его архитектуры.

Авторы исследования аффилированы с Университетом ИТМО, который выступает объектом кейс-анализа. Такая инсайдерская позиция даёт доступ к глубокому пониманию контекста, но создаёт риск смещения оценок. Чтобы снизить этот риск, приняты следующие меры: (1) в качестве эмпирической базы использованы только открытые и верифицируемые источники; (2) оценки ключевых факторов успеха имеют явно заявленный экспертный и иллюстративный характер; (3) сильные стороны Университета ИТМО рассматриваются не как итоговый вывод, а как исходная точка для того, чтобы показать существующие недостатки в архитектуре организации.

Весы и баллы в таблице 4 отражают авторскую экспертную интерпретацию. Они нужны для иллюстрации логики исследования/изложения, а не для построения рейтинга вузов. Чтобы получить статистически обоснованные оценки, потребуется проверка согласованности оценок, например через коэффициент конкордации Кендалла. Такую процедуру авторы относят к направлениям дальнейших исследований. Сопоставление с зарубежными университетами носит качественный характер и опирается на открытые данные международных рейтингов и стратегических документов. Оно используется для позиционирования, а не для построения единого количественного рейтинга, поскольку институциональные контексты различаются.

Архитектура предприятия как фактор формирования динамических способностей наукоёмкой организации

В наукоёмкой организации архитектура предприятия выполняет несколько функций.

1) Стратегическая функция – архитектура предприятия должна позволять проводить изменения, если они необходимы для реализации стратегии. Речь идет о новых процессах, организационных ролях, данных, цифровых сервисах и технологической инфраструктуре.

2) Интеграционная функция – интеграция информационных систем, сквозная аналитика.

3) Адаптационная функция – архитектура отражает способности организации быстро перестраиваться под новые технологические, регуляторные и рыночные требования. Это и развитие искусственного интеллекта, и импортозамещение программного обеспечения, и усиление киберзащиты, и более строгие требования к управлению данными.

4) Координационная функция – архитектура организации задаёт общие правила принятия решений при развитии цифровых сервисов и инфраструктуры, снижает риск локальной оптимизации отдельных подразделений и согласует изменения с целевой моделью организации.

С позиций ресурсного подхода и концепции динамических способностей архитектуру организации следует рассматривать как мета-ресурс. Она не создаёт образовательный или научный продукт, но определяет скорость, стоимость и управляемость организационной трансформации [5]. В условиях технологического суверенитета архитектура организации превращается в серьёзное конкурентное преимущество, когда она выполняет свои функции и обеспечивает формирование динамических способностей организации, направленных на устойчивость ее развития организации.

Наличие архитектуры организации снижает зависимость от разрозненных цифровых решений; делает прозрачной образовательную, научную и инновационную деятельность; повышает качество управленческой аналитики; ускоряет запуск новых образовательных продуктов и исследовательских инициатив; встраивает требования безопасности в проектирование цифровых сервисов; обеспечивает управляемый переход к отечественному и доверенному технологическому стеку.

Т.о., архитектура предприятия – это не частный ИТ-инструмент, а система управления (управленческая рамка), которая поддерживает устойчивый рост наукоёмкой организации.

Концептуальная модель архитектуры наукоёмкой организации

Чтобы перейти от общего понимания архитектуры организации к её оценке как фактора формирования ее динамических способностей, следует рассмотреть ее концептуальную модель. Она связывает архитектурные домены с динамическими способностями и измеримыми результатами развития. Модель состоит из трёх уровней. Её логика показана на рисунке 1.

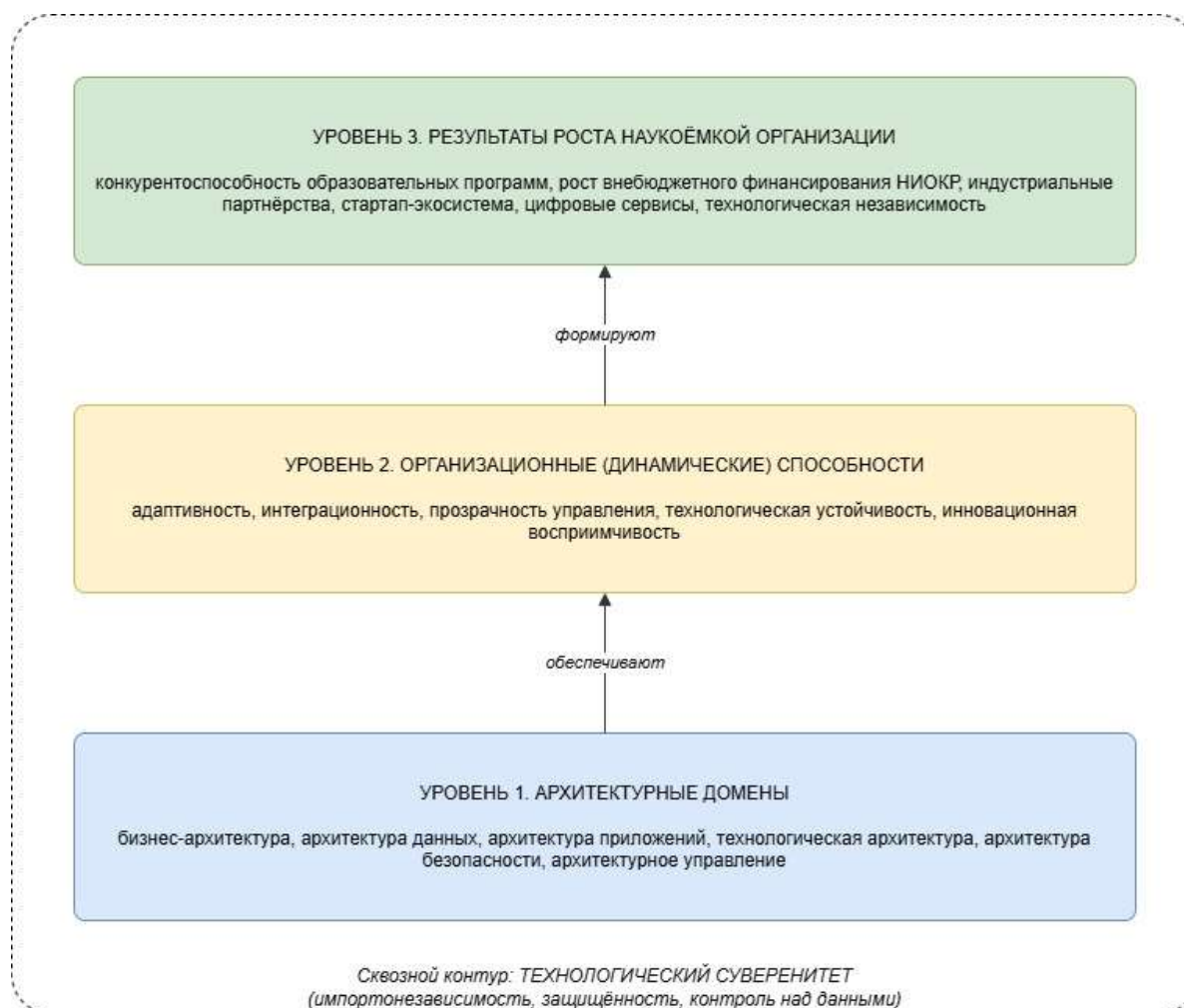


Рис. 1. Схема трёхуровневой концептуальной модели архитектуры предприятия наукоёмкой организации (составлено авторами)

Первый уровень – это архитектурные домены. У каждого домена своя функция, но эффект возникает только при их согласованном развитии.

Второй уровень – организационные (динамические) способности, которые складываются по мере роста архитектурной зрелости: адаптивность, интеграционность, прозрачность управления, технологическая устойчивость и инновационная восприимчивость. Здесь архитектура предприятия работает как фактор формирования динамических способностей организации. Она позволяет зафиксировать текущее состояние и одновременно управлять переходом к целевому.

Третий уровень – результаты роста наукоёмкой организации. Для исследовательского университета сюда входят более высокая конкурентоспособность образовательных программ, рост внебюджетного финансирования НИОКР, увеличение числа индустриальных партнёрств, развитие стартап-экосистемы, расширение цифровых сервисов для студентов и сотрудников, а также меньшая зависимость от зарубежных цифровых платформ. Связь архитектурных доменов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Связь архитектурных доменов с факторами роста наукоёмкой организации

Архитектурный домен	Управленческая функция	Формируемая динамическая способность	Потенциальный результат роста
Бизнес-архитектура	Описание и согласование ключевых процессов	Процессная управляемость	Ускорение запуска образовательных и исследовательских инициатив
Архитектура данных	Единая модель данных	Аналитическая прозрачность	Рост качества управленческих решений и отчётности
Архитектура приложений	Интеграция цифровых сервисов	Цифровая связанность	Улучшение пользовательского опыта студентов, преподавателей и партнёров
Технологическая архитектура	Управление инфраструктурой и платформами	Технологическая устойчивость	Снижение зависимости от внешних поставщиков и рост отказоустойчивости
Архитектура безопасности	Защита данных, ИС и результатов исследований	Доверие и защищённость	Расширение участия в проектах с повышенными требованиями к ИБ
Архитектурное управление	Принятие и контроль архитектурных решений	Стратегическая согласованность	Снижение стоимости и рисков цифровой трансформации

Таким образом, на динамические способности организации архитектура предприятия влияет косвенно. Архитектура или организация не увеличивает финансовые или кадровые ресурсы напрямую, а повышает качество их использования, снижает транзакционные издержки, ускоряет изменения и держит стратегию и операционную деятельность в согласии друг с другом. В условиях технологического суверенитета это особенно важно.

Стратегический анализ для объекта исследования

По Программе развития до 2030 года миссия Университета ИТМО связана с открытием новых возможностей для развития личности и решением глобальных вызовов [6]. Университет определяет себя «первым неклассическим университетом» и делает ставку на междисциплинарность, гибкость, проектный характер образовательной среды и тесную связь с технологическим предпринимательством.

В контексте технологического суверенитета глобальные вызовы направлены на подготовку инженерных и ИТ-кадров, развитие собственных цифровых решений, рост исследовательской активности, коммерциализацию результатов интеллектуальной деятельности и формирование технологического задела для российской экономики.

Цель университета: укрепить позиции среди ведущих научно-образовательных центров технологического профиля и войти в число значимых международных ИТ-университетов к 2030 году.

Ключевые стратегические подцели:

1. В образовании: развитие индивидуальных образовательных траекторий и гибких образовательных продуктов;
2. В науке: рост внебюджетного финансирования НИОКР и расширение промышленных партнёрств;
3. В цифровой трансформации: развитие единой цифровой экосистемы университета;
4. В коммерциализации: поддержка стартапов, технологического предпринимательства и трансфера результатов исследований;
5. В технологической независимости: снижение зависимости от внешних цифровых платформ и повышение устойчивости цифровой инфраструктуры.

У внешней среды университета есть несколько измеримых тенденций. Российский ИТ-рынок устойчиво растёт, а потребность экономики в ИТ-специалистах оценивается в сотни тысяч человек, и это формирует высокий спрос на профильное образование, особенно в сфере искусственного интеллекта [31]. При этом демографические тенденции и сокращение числа выпускников школ обостряют конкуренцию за абитуриентов. Эти количественные ориентиры подтверждают двойственный характер внешней среды, систематизированы в табл. 2.

Таблица 2

PEST-анализ Университета ИТМО

Группа факторов	Факторы роста	Ограничения
Политические	Государственная поддержка ИТ-отрасли; программа «Приоритет-2030»; курс на импортозамещение ПО	Геополитические ограничения академической мобильности; сужение доступа к зарубежным базам данных и научным журналам
Экономические	Рост российского ИТ-рынка; готовность работодателей софинансировать подготовку кадров; спрос на прикладные R&D-решения	Инфляционное давление на бюджет; снижение платёжеспособности части абитуриентов; рост стоимости ИТ-инфраструктуры
Социальные	Высокий престиж ИТ-профессий; спрос на непрерывное обучение и переквалификацию; интерес к проектному образованию	Демографический спад; конкуренция за талантливых абитуриентов; отток части молодых специалистов за рубеж
Технологические	Развитие EdTech, VR/AR, генеративного ИИ и аналитики данных как инструментов обучения и управления	Необходимость перестройки цифровых процессов; рост требований к киберзащите; зависимость от импортных технологических решений

Соотношение факторов в каждой группе показывает, что внешняя среда для ИТМО скорее благоприятна. Но устойчивость роста зависит от того, насколько быстро университет сумеет адаптировать процессы к технологическим изменениям, компенсировать сужение международных каналов и обеспечить управляемый переход к импортонезависимым цифровым решениям.

Модель пяти конкурентных сил М. Портера [25] использована нами для выявления влияния отраслевых факторов конкуренции, что не противоречит условиям использования этой модели.

Угроза появления новых участников до 2030 года остаётся умеренной. Порог входа на академический рынок высок из-за лицензионных требований, потребности в квалифицированных преподавателях, исследовательской базе и репутационных барьерах.

Рыночная власть потребителей (абитуриентов, студентов и работодателей) растёт. Абитуриентам сегодня важен не один диплом, а ещё и гибкость образовательной траектории, участие в проектах, стажировки, цифровой опыт и перспективы трудоустройства. Работодатели же смотрят на выпускников через портфолио проектов, практический опыт и способность быстро включаться в индустриальные задачи.

Рыночная власть поставщиков ключевого ресурса, то есть преподавателей, исследователей и практиков из ИТ-индустрии, высока. Сильные специалисты востребованы в бизнесе и получают предложения, заметно превосходящие академические ставки. Поэтому университету нужны гибридные модели занятости, проектные форматы взаимодействия с индустрией и собственная мотивационная среда.

Угроза товаров-заменителей видна в развитии буткемпов, онлайн-курсов, корпоративных программ стажировок и внутренних школ ИТ-компаний. Эти форматы конкурируют с классическим высшим образованием за время, внимание и мотивацию абитуриентов.

Внутриотраслевое соперничество между ведущими техническими университетами сохраняется и усиливается. Конкуренция идёт вокруг бренда, индустриальных связей, качества цифровой среды, исследовательской репутации, стартап-экосистемы и возможностей международного позиционирования.

Совокупное давление пяти сил показывает, что устойчивость позиций университета держится не на одной репутации, а ещё и на способности быстро адаптировать образовательные и исследовательские процессы. А эта способность зависит от зрелости внутренней архитектуры предприятия.

Полученная картина согласуется с выводами других исследователей: конкурентоспособность вуза определяется системным сочетанием факторов и не сводится к отдельным показателям [26]. В международной практике к инструментам повышения конкурентоспособности относят развитие индустриальных партнёрств, экспорт образования, исследовательскую репутацию и цифровую инфраструктуру [27].

Чтобы ориентировочно сопоставить конкурентные позиции университета, в табл. 3 приведена авторская экспертная оценка ключевых факторов успеха трёх российских университетов с сильным ИТ-профилем.

Таблица 3

**Сравнительная иллюстративная оценка ключевых факторов успеха
ведущих исследовательских университетов в РФ**

Критерий	Вес	ИТМО	НИУ ВШЭ	Иннополис
Бренд и престиж диплома в ИТ	0,25	5 / 1,25	5 / 1,25	4 / 1,00
Уровень ИТ-инфраструктуры	0,20	5 / 1,00	4 / 0,80	5 / 1,00
Связь с индустрией	0,25	5 / 1,25	4 / 1,00	5 / 1,25
Научная база и стартап-экосистема	0,15	4 / 0,60	4 / 0,60	3 / 0,45
Качество кампуса и инфраструктуры	0,15	4 / 0,60	5 / 0,75	5 / 0,75
Итоговая взвешенная оценка	1,00	4,70	4,40	4,45

Источник: составлено авторами. Оценки носят экспертный иллюстративный характер

ИТМО занимает сильную конкурентную позицию в сегменте ИТ-образования. При этом сам метод показывает, что бренд и индустриальные связи дают лишь часть конкурентного преимущества. Не менее важна внутренняя согласованность процессов, данных и цифровой среды. Как раз здесь архитектура предприятия и работает на удержание и развитие конкурентной позиции.

Конкурентный анализ дополнен сопоставлением с тремя зарубежными университетами, которые признаны мировыми лидерами в подготовке ИТ- и инженерных кадров: Массачусетским технологическим институтом (MIT, США), Швейцарской высшей технической школой Цюриха (ETH Zürich, Швейцария) и Наньянским технологическим университетом (NTU, Сингапур). Их выбрали за устойчиво высокие позиции в международных предметных рейтингах по информатике и инженерии, развитые инновационные экосистемы, зрелую цифровую инфраструктуру и наличие публичных стратегических документов. Результаты взвешенной бенчмаркинг-оценки в авторской интерпретации приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Взвешенная бенчмаркинг-оценка конкурентных позиций
в международном контуре (иллюстративная)**

Критерий	ИТМО	MIT	ETH Zürich	NTU
Бренд и глобальная узнаваемость	Высокий в России и СНГ, растущий международный	Глобальный лидер	Глобальный лидер в Европе	Высокий в Азии и мире
Уровень ИТ-инфраструктуры	Высокий	Очень высокий, развитые исследовательские платформы	Очень высокий	Высокий, активная цифровизация кампуса
Связь с индустрией и инновационная экосистема	Сильная, развитая стартап-среда	Очень сильная (трансфер технологий, спин-оффы)	Очень сильная, тесные связи с промышленностью	Сильная, господдержка инноваций
Научная база	Высокая по ряду направлений	Мировой уровень по широкому спектру	Мировой уровень	Высокая, быстрорастущая
Интернационализация и экспорт образования	Развивается, ограничена геополитическим контекстом	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая

Источник: составлено авторами на основе открытых данных [32–39]

Выводы:

Разрыв между ИТМО и группой мировых лидеров сосредоточен в трёх критериях: бренде и глобальной узнаваемости, научной базе и интернационализации. В текущих геополитических условиях они частично выходят

за пределы прямого управленческого воздействия университета, особенно в части академической мобильности и доступа к международным каналам.

По двум критериям, наиболее близким к архитектурной проблематике (связи с индустрией и зрелости цифровой и исследовательской инфраструктуры), позиция ИТМО оценивается как высокая, и сопоставима с уровнем NTU. Значит разрыв здесь можно сократить внутренними управленческими решениями, без изменения геополитического контекста.

Высокую оценку по критерию инфраструктуры у мировых лидеров обеспечивает степень интеграции и управляемости, то есть зрелость архитектуры предприятия. Именно согласованность процессов, данных и цифровых сервисов позволяет таким университетам быстро запускать междисциплинарные инициативы, вести сквозную аналитику и поддерживать масштабные исследовательские программы.

Для ИТМО зрелость цифровой и исследовательской инфраструктуры – это стратегический рычаг. В отличие от бренда или интернационализации, она лучше всего поддаётся целенаправленному управлению. При ограниченной международной мобильности и курсе на технологический суверенитет развитие архитектурной зрелости перестаёт быть догоняющей мерой и становится самостоятельным источником конкурентного преимущества. Оно частично компенсирует разницу в масштабе ресурсов и репутации за счёт более высокого качества управления изменениями. Этот вывод прямо подтверждает основной тезис исследования и обосновывает переход к архитектурным приоритетам.

Результаты исследования и обсуждение

Стратегический анализ и предложенная концептуальная модель позволяют выделить архитектурные приоритеты, которые работают на стратегические ориентиры университета.

1. Развитие бизнес-архитектуры. Нужно описать и согласовать ключевые сквозные процессы университета, от привлечения абитуриента до трудоустройства выпускника, а также процессы инициирования, выполнения и сопровождения НИОКР.

2. Формирование архитектуры данных. Здесь приоритет – это единая модель мастер-данных (о студенте, преподавателе, образовательной программе, проекте, публикации) и отказ от дублирующих справочников. Так управленческая отчётность становится прозрачнее и достовернее, а у университета появляется основа для аналитики и инструментов искусственного интеллекта в управлении.

3. Консолидация архитектуры приложений – создание единого интеграционного контура с описанными интерфейсами обмена данными, что снижает фрагментацию пользовательского опыта, удешевляет сопровождение и упрощает развитие новых цифровых сервисов.

4. Развитие технологической архитектуры – управляемый переход критически значимых систем на отечественный и доверенный технологический стек, в т.ч. повышение отказоустойчивости инфраструктуры и снижение зависимости от зарубежных платформ и лицензий.

5. Формирование архитектуры безопасности – защита персональных данных, результатов исследований и участия в проектах с повышенными требованиями к ИБ.

6. Архитектурное управление – создание архитектурного комитета (или аналогичный орган), утвердить архитектурные принципы и ввести процедуру архитектурного согласования новых ИТ-инициатив. Это обеспечивает стратегическую согласованность и снижает риск локальной оптимизации.

Вместе эти приоритеты образуют основу архитектурной дорожной карты университета. Она и связывает развитие цифровой среды со стратегическими целями.

Технологический суверенитет в отношении наукоёмкой организации не может быть сведён только к замене зарубежного программного обеспечения отечественными аналогами. Более корректно рассматривать его как способность организации самостоятельно выбирать, развивать, интегрировать и защищать критически значимые технологии, данные и цифровые процессы.

В этом смысле технологический суверенитет наукоёмкой организации имеет несколько измерений.

Инфраструктурное измерение связано с управляемостью аппаратной и платформенной основы цифровой среды, снижением зависимости от зарубежных платформ и обеспечением отказоустойчивости.

Информационное измерение предполагает контроль над данными организации: их хранением, обработкой, качеством и защищённостью, а также суверенитет в отношении мест и условий их размещения.

Процессное измерение отражает способность организации перестраивать процессы без критической зависимости от внешних поставщиков решений и без потери управляемости.

Кадровое и компетентностное измерение связано с наличием специалистов, способных проектировать, развивать и поддерживать доверенную цифровую среду, а также с подготовкой таких кадров в рамках образовательной деятельности.

Безопасное измерение охватывает встроенную защиту данных, информационных систем и результатов интеллектуальной деятельности от внешних и внутренних угроз.

Архитектура предприятия выступает интегрирующим механизмом, связывающим эти измерения в единую управляемую систему. Именно через архитектурные домены – данных, приложений, технологий и безопасности – требования технологического суверенитета переводятся в конкретные проектные решения.

Таким образом, архитектура предприятия выступает связующим звеном между микроуровнем – развитием конкретной организации – и макроуровнем, то есть задачами технологического суверенитета страны. Сопоставление с зарубежными университетами показывает, что развитая, архитектурно управляемая цифровая среда характерна для мировых лидеров технологического образования. Однако для российских наукоёмких организаций к этому добавляется специфическое требование импортонезависимости, которое делает архитектурную функцию не только инструментом эффективности, но и условием стратегической устойчивости.

Чтобы модель работала на практике, архитектурные приоритеты стоит связать с измеримыми индикаторами зрелости. Тогда архитектурная дорожная карта превращается из качественного описания в управляемый процесс с контрольными показателями (табл. 5).

Для интерпретации индикаторов предлагается пятиуровневая шкала архитектурной зрелости наукоёмкой организации:

Уровень 1 (начальный): архитектурной деятельности нет; цифровые решения развиваются стихийно, ключевые процессы не описаны.

Уровень 2 (фрагментарный): отдельные домены описаны локально, единых правил нет, преобладает «лоскутная» автоматизация.

Уровень 3 (определённый): утверждены архитектурные принципы, описаны ключевые процессы и мастер-данные, действует базовое архитектурное управление.

Уровень 4 (управляемый): архитектурные домены согласованы, внедрены измеримые индикаторы зрелости, новые ИТ-инициативы проходят архитектурное согласование.

Уровень 5 (оптимизируемый): архитектура интегрирована со стратегическим управлением, обеспечивает управляемый переход к доверенному технологическому стеку и непрерывно совершенствуется.

Таблица 5

Индикаторы и уровни архитектурной зрелости наукоёмкой организации

Направление	Возможный показатель	Оценка as-is (ИТМО, эксперт.)	Целевой уровень to-be
Бизнес-архитектура	Доля ключевых процессов с владельцами и регламентами	3	4
Архитектура данных	Доля справочников в единой модели мастер-данных	2–3	4
Архитектура приложений	Количество дублирующих ИС по ключевым функциям	2	4
Интеграция	Доля систем в едином интеграционном контуре	3	4
Аналитика	Единое хранилище данных и дашборды	3	4
Технологическая независимость	Доля критических систем на доверенном/отечественном стеке	2–3	4
Информационная безопасность	Доля систем, прошедших оценку соответствия ИБ	3	4
Архитектурное управление	Архитектурный комитет и принципы	2	4

Источник: составлено авторами. Оценки as-is носят экспертный иллюстративный характер и подлежат уточнению в ходе эмпирического аудита архитектурной зрелости

Иллюстративная оценка as-is показывает: при сильной рыночной позиции ИТМО и внутренней архитектурной зрелости по ряду доменов есть перспективы развития: архитектура данных, технологическая независимость и архитектурное управление. Это подтверждает основной тезис исследования: устойчивость роста определяется не только внешними преимуществами, но и внутренней архитектурной согласованностью. Такие показатели можно использовать при формировании архитектурной дорожной карты университета. Они связывают

развитие цифровой среды с целевыми ориентирами стратегии и дают возможность регулярно оценивать прогресс архитектурной трансформации.

Заключение

В статье обоснована значимость архитектуры предприятия как основы формирования динамических способностей и фактора роста наукоёмкой организации в условиях технологического суверенитета.

Полученные результаты уточняют роль архитектуры предприятия в развитии наукоёмкой организации. В традиционном подходе архитектуру предприятия рассматривают в основном как инструмент ИТ-управления. Проведённый анализ показывает её стратегическую функцию. Для исследовательского университета архитектура предприятия становится механизмом согласования образовательной, научной, инновационной и административной деятельности.

Основные результаты исследования.

- уточнено само содержание архитектуры предприятия применительно к наукоёмкой организации. Это не инструмент ИТ-управления, а система управления, управленческая рамка, которая согласует между собой стратегию, процессы, данные, приложения, технологическую инфраструктуру и информационную безопасность, формируя при этом динамические способности организации.

- определено понятие цифровой зрелости архитектуры организации, под которой понимается выполнение архитектурой всех ее функций. Уровень цифровой зрелости может служить оценкой уровня динамических способностей организации.

- разработана трёхуровневая концептуальная модель влияния архитектуры предприятия на формирование динамических способностей организации и ее экономический рост. Она связывает архитектурные домены, организационные (динамические) способности и результаты развития с учетом требований технологического суверенитета.

- проведён стратегический анализ Университета ИТМО, который показал, что при сильной рыночной позиции устойчивость роста определяется внутренней архитектурной согласованностью, а не одними лишь брендом и ресурсами.

- предложены пятиуровневая шкала и система индикаторов архитектурной зрелости наукоёмкой организации. Их можно применять при разработке архитектурных дорожных карт.

Для Университета ИТМО сформулированы рекомендации: формализовать ключевые сквозные процессы; создать единую модель мастер-данных; свести информационные системы в единый интеграционный контур; провести управляемый переход критически значимых систем на доверенный технологический стек; встроить требования информационной безопасности в проектирование цифровых сервисов; закрепить архитектурную функцию организационно.

Литература

1. О Концепции технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (дата обращения: 02.04.2026).
2. Михайлова Н.В., Морева Е.А. Развитие региональной системы профессионального образования в контексте технологического суверенитета: проблемы, подходы и перспективы // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2024. № 2 (50). С. 27–38.
3. *Зараменских Е.П.* Архитектура предприятия: учебник для вузов. – Москва: Юрайт, 2023. 410 с.
4. Ross J.W. Enterprise Architecture As Strategy: Creating a Foundation for Business Execution / J.W. Ross, P. Weill, D. C. Robertson. – Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2006. 234 p.
5. *Тис Д.Дж.* Динамические способности фирмы: природа и микрооснования устойчивого конкурентного преимущества // Российский журнал менеджмента. 2009. Т. 7, № 3. С. 59–94.
6. Программа развития Университета ИТМО до 2030 года: [сайт]. URL: <https://itmo.ru> (дата обращения: 02.04.2026).
7. *Кудрявцев Д.В.* Технологии бизнес-инжиниринга / Д.В. Кудрявцев, М.Ю. Арзуманян, Л.Ю. Григорьев. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 427 с.
8. *Афанасьев А.А., Кузнецов А.А.* Создание архитектуры цифрового университета на «1С:Предприятие 8» // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80, № 4. С. 451–457.
9. *Суходолова Е.М.* Применение методологии Захмана к описанию архитектуры образовательной организации // Университетское управление: практика и анализ. 2022. № 4. С. 15–23.

10. Васильева Т.В., Кузнецов Н.В., Лазарев В.А. Концепция цифрового университета как платформа подготовки кадров для цифровой промышленности // Высшее образование в России. 2019. Т. 28, № 12. С. 36–47.
11. Belov A., Ivanova E., Petrova N. Global trends in digital transformation and media positioning of universities in social networks // Revista Inclusiones. 2020. Vol. 7, No. Especial. P. 301–314.
12. Kuzminov Y., Sorokin P., Froumin I. Transformation of the higher education system in the context of digital change: a research review on trends in the development of a post-digital university // Educational Studies. Moscow. 2021. No. 3. P. 8–39.
13. Alves J., Costa C.J. A realistic and practical guide for creating intelligent integrated solutions in higher education using enterprise architecture // Education and Information Technologies. 2023. Vol. 28, No. 5. P. 6123–6145.
14. Rahman A., Putra D., Sari M. The development of agile enterprise architecture for digital transformation in higher education institutions // International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). 2022. Vol. 17. No. 24. P. 125–141.
15. Shilov N., Korneev A., Sokolov A. The role of communities in higher education: a case of teaching enterprise architecture in Russia // CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 1850. P. 15–23.
16. Смирнова Е.О., Платонова Д.П. Стратегическое управление университетом в контексте цифровизации: опыт ведущих университетов мира // Университетское управление: практика и анализ. 2020. Т. 24, № 3. С. 5–20.
17. Гуцина И.А., Голощёкина Н.В. Цифровая зрелость как показатель успешности цифровой трансформации университета // Университетское управление: практика и анализ. 2021. Т. 25, № 4. С. 16–28.
18. Неретина Е.А., Пырма Р.В. Социологический мониторинг цифровой зрелости образовательной организации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2022. № 3. С. 45–56.
19. Климова Т.А. Цифровая зрелость общеобразовательной организации в период цифровой трансформации // Вопросы образования. 2023. № 2. С. 112–130.
20. Сидорова О.В., Малышева Е.А. Методы и принципы оценки цифровой зрелости образовательных организаций // Управление образованием: теория и практика. 2020. № 3. С. 74–85.
21. Гурков И.Б. Теория динамических способностей организации и возможности для её применения в российских компаниях // Российский журнал менеджмента. 2014. Т. 12, № 1. С. 77–98.
22. Платонов В.В. Динамические способности фирмы как фактор инновационного развития // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2021. № 3 (129). С. 12–19.
23. Пискун Е.И. Реализация динамических способностей организации в системе стратегического инновационного менеджмента: теоретико-концептуальный анализ // Экономика и управление. 2023. Т. 29, № 1. С. 45–59.
24. Тихонова Н.В. Подходы к проблеме развития динамических способностей организации в сверхконкурентной среде // Менеджмент в России и за рубежом. 2011. № 5. С. 19–26.
25. Портер М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов / М. Портер; пер. с англ. – Москва: Альпина Паблишер, 2011. 608 с.
26. Морозова И.А. Роль системного анализа в оценке конкурентоспособности вуза // Университетское управление: практика и анализ. 2010. № 3 (67). С. 72–78.
27. Savenkova T., Tarasova A. Tools for increasing competitiveness of higher education institutions on the international arena // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2019. Vol. 58. P. 829–836.
28. Ветрова Е.Н. Стратегическое планирование и анализ ПАО «Авиационная корпорация „Рубин“» с использованием PEST-анализа и матрицы Маккинзи // Экономика и предпринимательство. 2023. № 5 (150). С. 312–319.
29. Ветрова Е.Н. Анализ конкурентной среды дивизиона АСУ холдинга «Росэлектроника» с использованием карт стратегических групп // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22, № 8. С. 148–160.
30. Ветрова Е.Н. Модель развития высокотехнологичного предприятия // Инновации. 2021. № 7 (281). С. 45–52.
31. ИИ создаст в России дополнительную потребность в 250 тыс. IT-специалистов <https://www.interfax.ru/russia/1094842>
32. QS World University Rankings by Subject: Computer Science & Information Systems / Quacquarelli Symonds. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.topuniversities.com/university-subject-rankings/computer-science-information-systems> (дата обращения: 15.04.2026).
33. QS World University Rankings by Subject: Engineering & Technology / Quacquarelli Symonds. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.topuniversities.com/university-subject-rankings/engineering-technology> (дата обращения: 15.04.2026).
34. THE World University Rankings by Subject: Computer Science / Times Higher Education. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/by-subject/computer-science> (дата обращения: 15.04.2026).

35. Massachusetts Institute of Technology. MIT Facts. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://web.mit.edu/facts/> (дата обращения: 15.04.2026).
36. MIT Technology Licensing Office. Annual Report. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://tlo.mit.edu/> (дата обращения: 15.04.2026).
37. ETH Zürich. Strategy and Development (Strategieplanung). [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/portrait/strategy.html> (дата обращения: 15.04.2026).
38. ETH Zürich. Annual Report (Jahresbericht). [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/portrait/annual-report.html> (дата обращения: 15.04.2026).
39. Nanyang Technological University. NTU 2025 Strategic Plan. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.ntu.edu.sg/about-us/ntu-strategic-plan> (дата обращения: 15.04.2026).
40. Nanyang Technological University. Smart Campus Initiative. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.ntu.edu.sg/> (дата обращения: 15.04.2026).

References

1. O Konceptii technologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 20.05.2023 № 1315-r // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. URL: <http://publication.pravo.gov.ru> (data obrashheniya: 02.04.2026).
2. Mixajlova N.V., Moreva E.A. Razvitie regional'noj sistemy` professional'nogo obrazovaniya v kontekste technologicheskogo suvereniteta: problemy`, podxody` i perspektivy` // *Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom*. 2024. № 2 (50). S. 27–38.
3. Zaramenskix E.P. Arxitektura predpriyatiya: uchebnik dlya vuzov. – Moskva: Yurajt, 2023. 410 s.
4. Ross J.W. Enterprise Architecture As Strategy: Creating a Foundation for Business Execution / J.W. Ross, P. Weill, D. C. Robertson. – Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2006. 234 p.
5. Tis D.Dzh. Dinamicheskie sposobnosti firmy`: priroda i mikroosnovaniya ustojchivogo konkurentnogo preimushhestva // *Rossijskij zhurnal menedzhmenta*. 2009. T. 7, № 3. S. 59–94.
6. Programma razvitiya Universiteta ITMO do 2030 goda: [sajt]. URL: <https://itmo.ru> (data obrashheniya: 02.04.2026).
7. Kudryavcev D.V. Tekhnologii biznes-inzhiniringa / D.V. Kudryavcev, M.Yu. Arzumanyan, L.Yu. Grigor'ev. – Sankt-Peterburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2014. 427 s.
8. Afanas'ev A.A., Kuznecov A.A. Sozdanie arxitektury` cifrovogo universiteta na «IS:Predpriyatie 8» // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyx tekhnologij*. 2018. T. 80, № 4. S. 451–457.
9. Suxodolova E.M. Primenenie metodologii Zaxmana k opisaniyu arxitektury` obrazovatel'noj organizacii // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. 2022. № 4. S. 15–23.
10. Vasil'eva T.V., Kuznecov N.V., Lazarev V.A. Konceptiya cifrovogo universiteta kak platforma podgotovki kadrov dlya cifrovoj promyshlennosti // *Vysshее obrazovanie v Rossii*. 2019. T. 28, № 12. S. 36–47.
11. Belov A., Ivanova E., Petrova N. Global trends in digital transformation and media positioning of universities in social networks // *Revista Inclusiones*. 2020. Vol. 7, No. Especial. P. 301–314.
12. Kuzminov Y., Sorokin P., Froumin I. Transformation of the higher education system in the context of digital change: a research review on trends in the development of a post-digital university // *Educational Studies*. Moscow. 2021. No. 3. P. 8–39.
13. Alves J., Costa C.J. A realistic and practical guide for creating intelligent integrated solutions in higher education using enterprise architecture // *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28, No. 5. P. 6123–6145.
14. Rahman A., Putra D., Sari M. The development of agile enterprise architecture for digital transformation in higher education institutions // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. 2022. Vol. 17, No. 24. P. 125–141.
15. Shilov N., Korneev A., Sokolov A. The role of communities in higher education: a case of teaching enterprise architecture in Russia // *CEUR Workshop Proceedings*. 2017. Vol. 1850. P. 15–23.
16. Smirnova E.O., Platonova D.P. Strategicheskoe upravlenie universitetom v kontekste cifrovizacii: opyt vedushhix universitetov mira // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. 2020. T. 24, № 3. S. 5–20.
17. Gushhina I.A., Goloshhyokina N.V. Cifrovaya zrelost` kak pokazatel` uspehnosti cifrovoj transformacii universiteta // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. 2021. T. 25, № 4. S. 16–28.
18. Neretina E.A., Py'rma R.V. Sociologicheskij monitoring cifrovoj zrelosti obrazovatel'noj organizacii // *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Seriya: Social'ny'e nauki*. 2022. № 3. S. 45–56.
19. Klimova T.A. Cifrovaya zrelost` obshheobrazovatel'noj organizacii v period cifrovoj transformacii // *Voprosy` obrazovaniya*. 2023. № 2. S. 112–130.

20. Sidorova O.V., Maly'sheva E.A. Metody` i principy` ocenki cifrovoj zrelosti obrazovatel`ny`x organizacij // *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika*. 2020. № 3. S. 74–85.
21. Gurkov I.B. Teoriya dinamicheskix sposobnostej organizacii i vozmozhnosti dlya eyo primeneniya v rossijskix kompaniyax // *Rossijskij zhurnal menedzhmenta*. 2014. T. 12, № 1. S. 77–98.
22. Platonov V.V. Dinamicheskie sposobnosti firmy` kak faktor innovacionnogo razvitiya // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo e`konomicheskogo universiteta*. 2021. № 3 (129). S. 12–19.
23. Piskun E.I. Realizaciya dinamicheskix sposobnostej organizacii v sisteme strategicheskogo innovacionnogo menedzhmenta: teoretiko-kontseptual`ny`j analiz // *E`konomika i upravlenie*. 2023. T. 29, № 1. S. 45–59.
24. Tixonova N.V. Podxody` k probleme razvitiya dinamicheskix sposobnostej organizacii v sverxkonkurentnoj srede // *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2011. № 5. S. 19–26.
25. Porter M. Konkurentnaya strategiya: metodika analiza otraslej i konkurentov / M. Porter; per. s angl. – Moskva: Al`pina Publisher, 2011. 608 s.
26. Morozova I.A. Rol` sistemnogo analiza v ocenke konkurentosposobnosti vuza // *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*. 2010. № 3 (67). S. 72–78.
27. Savenkova T., Tarasova A. Tools for increasing competitiveness of higher education institutions on the international arena // *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*. 2019. Vol. 58. P. 829–836.
28. Vetrova E.N. Strategicheskoe planirovanie i analiz PAO «Aviacionnaya korporaciya „Rubin“» s ispol`zovaniem PEST-analiza i matricy Makkinzi // *E`konomika i predprinimatel`stvo*. 2023. № 5 (150). S. 312–319.
29. Vetrova E.N. Analiz konkurentnoj sredy` diviziona ASU xoldinga «Rose`lektronika» s ispol`zovaniem kart strategicheskix grupp // *E`konomicheskij analiz: teoriya i praktika*. 2023. T. 22, № 8. S. 148–160.
30. Vetrova E.N. Model` razvitiya vy`sokotexnologichnogo predpriyatiya // *Innovacii*. 2021. № 7 (281). S. 45–52.
31. II sozdst v Rossii dopolnitel`nyu potrebnost` v 250 ty`s. IT-specialistov <https://www.interfax.ru/russia/1094842>
32. QS World University Rankings by Subject: Computer Science & Information Systems / Quacquarelli Symonds. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.topuniversities.com/university-subject-rankings/computer-science-information-systems> (data obrashheniya: 15.04.2026).
33. QS World University Rankings by Subject: Engineering & Technology / Quacquarelli Symonds. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.topuniversities.com/university-subject-rankings/engineering-technology> (data obrashheniya: 15.04.2026).
34. THE World University Rankings by Subject: Computer Science / Times Higher Education. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/by-subject/computer-science> (data obrashheniya: 15.04.2026).
35. Massachusetts Institute of Technology. MIT Facts. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://web.mit.edu/facts/> (data obrashheniya: 15.04.2026).
36. MIT Technology Licensing Office. Annual Report. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://tlo.mit.edu/> (data obrashheniya: 15.04.2026).
37. ETH Zürich. Strategy and Development (Strategieplanung). [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/portrait/strategy.html> (data obrashheniya: 15.04.2026).
38. ETH Zürich. Annual Report (Jahresbericht). [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://ethz.ch/en/the-eth-zurich/portrait/annual-report.html> (data obrashheniya: 15.04.2026).
39. Nanyang Technological University. NTU 2025 Strategic Plan. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.ntu.edu.sg/about-us/ntu-strategic-plan> (data obrashheniya: 15.04.2026).
40. Nanyang Technological University. Smart Campus Initiative. [E`lektronny`j resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.ntu.edu.sg/> (data obrashheniya: 15.04.2026).