

Г.Б. Камалова<sup>1\*</sup>, Ш.П.Турашова<sup>1</sup>, М.Ерсин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

\*e-mail: [g.kamalova@abaiuniversity.edu.kz](mailto:g.kamalova@abaiuniversity.edu.kz)

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ И ЦИФРОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ SMART-АУДИТОРИИ В СИСТЕМЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

### *Аннотация*

В условиях цифровой трансформации педагогического образования SMART-аудитория рассматривается не только как технологически оснащенное учебное пространство, но и как интегрированная физико-цифровая среда, обеспечивающая организацию образовательной, проектной и исследовательской деятельности будущих педагогов. Несмотря на развитие исследований в данной области, в научной литературе преимущественно представлены отдельные технологические решения и направления применения SMART-аудиторий, тогда как вопросы их организации как целостной образовательной системы остаются недостаточно разработанными. В связи с этим возникает необходимость системного представления структуры SMART-аудитории, ее участников, ресурсов, направлений деятельности и взаимосвязей, а также определения требований к цифровому сопровождению этой деятельности. Цель исследования – разработать концептуальную модель организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории в системе педагогического образования, отражающую ее структуру, участников, ресурсы, основные направления деятельности и взаимосвязи и определяющую функциональную структуру и информационную архитектуру цифровой платформы как технологической основы цифрового сопровождения. Методология исследования включала анализ научных источников, системный и функциональный анализ, концептуализацию SMART-аудитории, структурно-функциональное моделирование и логико-сценарную проверку разработанной модели. В результате определены семь взаимосвязанных компонентов SMART-аудитории, представлен цикл ее деятельности от планирования до анализа и распространения результатов, сформулированы требования к цифровому сопровождению, разработаны функциональная структура и информационная архитектура цифровой платформы. Предложенная концептуальная модель систематизирует структуру и организацию деятельности SMART-аудитории, устанавливает взаимосвязи между ее компонентами и определяет требования к цифровому сопровождению, формируя основу для проектирования единой цифровой платформы.

**Ключевые слова:** SMART-аудитория, SMART Education, цифровая платформа, IoT, концептуальная модель, интеллектуальная образовательная среда, цифровое сопровождение, информационная архитектура.

Г.Б. Камалова<sup>1</sup>, Ш.П. Турашова<sup>1</sup>, М.Е. Ерсін<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## ПЕДАГОГИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ SMART АУДИТОРИЯ ҚЫЗМЕТІН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ЖӘНЕ ЦИФРЛЫҚ СҮЙЕМЕЛДЕУДІҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ МОДЕЛІ

### *Аңдатпа*

Цифрлық трансформациясы жағдайында педагогикалық білім берудің SMART-аудиториясы тек технологиялық жабдықталған оқу кеңістігі ретінде ғана емес, сонымен қатар болашақ педагогтердің білім беру, жобалау және зерттеу қызметін ұйымдастыруды қамтамасыз ететін интеграцияланған физикалық-цифрлық орта ретінде қарастырылады. Осы саладағы зерттеулердің дамуына қарамастан, ғылыми әдебиеттерде негізінен SMART-аудиторияларды қолданудың жекелеген технологиялық шешімдері мен бағыттары ұсынылған, ал оларды біртұтас білім беру жүйесі ретінде ұйымдастыру мәселелері жеткіліксіз дамыған. Осыған байланысты SMART-аудитория құрылымын, оның қатысушыларын, ресурстарын, қызмет бағыттарын мен өзара байланыстарын жүйелі түрде ұсыну,

сондай-ақ осы қызметті цифрлық сүйемелдеуге қойылатын талаптарды айқындау қажеттілігі туындайды. Зерттеудің мақсаты – педагогикалық білім беру жүйесіндегі SMART-аудитория қызметін ұйымдастыру мен цифрлық сүйемелдеудің тұжырымдамалық моделін әзірлеу, оның құрылымын, қатысушыларын, ресурстарын, қызметі мен өзара байланысының негізгі бағыттарын көрсететін және цифрлық сүйемелдеудің технологиялық негізі ретінде цифрлық платформаның функционалдық құрылымы мен ақпараттық архитектурасын айқындайтын. Нәтижесінде SMART-аудиторияның өзара байланысты жеті компоненті анықталды, оның жоспарлаудан бастап нәтижелерді талдауға және таратуға дейінгі циклі ұсынылды, цифрлық сүйемелдеуге қойылатын талаптар тұжырымдалды, цифрлық платформаның функционалдық құрылымы мен ақпараттық архитектурасы әзірленді. Ұсынылған тұжырымдамалық модель SMART-аудитория қызметінің құрылымы мен ұйымдастырылуын жүйелейді, оның компоненттері арасындағы байланысты белгілейді және бірыңғай цифрлық платформаны жобалау үшін негіз құра отырып, цифрлық сүйемелдеуге қойылатын талаптарды айқындайды.

**Түйін сөздер:** SMART-аудитория, SMART Education, цифрлық платформа, IoT, тұжырымдамалық модель, интеллектуалды білім беру ортасы, цифрлық сүйемелдеу, ақпараттық сәулет.

G. Kamalova<sup>1</sup>, Sh. Turashova<sup>1</sup>, M. Yersin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

## CONCEPTUAL MODEL OF THE ORGANIZATION AND DIGITAL SUPPORT OF SMART CLASSROOM ACTIVITIES IN THE PEDAGOGICAL EDUCATION SYSTEM

### *Abstract*

In the context of the digital transformation of pedagogical education, a SMART classroom is viewed not only as a technologically equipped learning space, but also as an integrated physical-digital environment that supports the organization of educational, project-based, and research activities for future teachers. Despite the progress in research in this field, the scientific literature predominantly presents individual technological solutions and areas of application for SMART classrooms, while the issues of organizing them as a holistic educational system remain underdeveloped. In this regard, there is a need for a systematic representation of the structure of the SMART audience, its participants, resources, areas of activity, and interconnections, as well as for defining the requirements for digital support of this activity. The aim of the study is to develop a conceptual model for organizing and digitally supporting the activities of a SMART audience within the system of pedagogical education, reflecting its structure, participants, resources, main areas of activity, and interrelationships, and defining the functional structure and information architecture of the digital platform as the technological foundation for digital support. The research methodology included an analysis of scientific sources, systemic and functional analysis, conceptualization of the SMART audience, structural-functional modeling, and logical-scenario testing of the developed model. As a result, seven interrelated components of the SMART audience have been identified, the cycle of its activities has been presented from planning to analysis and dissemination of results; requirements for digital support have been formulated; and the functional structure and information architecture of the digital platform have been developed. The proposed conceptual model systematizes the structure and organization of the SMART audience's activities, establishes the relationships between its components, and defines the requirements for digital support, forming the basis for designing a unified digital platform.

**Keywords:** SMART Classroom, SMART Education, digital platform, IoT, conceptual model, intelligent educational environment, digital support, information architecture.

### **Введение**

#### *Основные положения*

SMART-аудитория рассматривается как целостная физико-цифровая образовательная система, в которой физическая инфраструктура выступает ресурсной основой образовательной, проектной и исследовательской деятельности, а цифровая платформа обеспечивает ее цифровое сопровождение. Разработанная концептуальная модель отражает структуру SMART-аудитории, ее участников, ресурсы, основные направления деятельности, взаимосвязи и процессы управления, связывая физический и цифровой уровни в единую систему. В рамках модели выделены семь взаимосвязанных компонентов SMART-аудитории,

для цифрового сопровождения которых определены требования и разработаны функциональная структура и информационная архитектура единой цифровой платформы.

Концептуальная модель позволяет рассматривать цифровую платформу как средство не только представления и управления физической инфраструктурой, но и организации и сопровождения образовательной, проектной и исследовательской деятельности SMART-аудитории.

Цифровая трансформация образования постепенно приводит к изменению подходов к организации образовательного процесса. Цифровые технологии перестают использоваться преимущественно как отдельные инструменты и становятся частью взаимосвязанной образовательной среды. Если на начальных этапах цифровизации основное внимание уделялось оснащению учебных аудиторий компьютерами, мультимедийным оборудованием и электронными образовательными ресурсами, то развитие IoT, облачных технологий, искусственного интеллекта (ИИ) и средств анализа данных позволяет объединять оборудование, цифровые ресурсы, участников и данные образовательного процесса в единую систему. Такая интеграция расширяет возможности образовательной среды, она позволяет не только обеспечивать доступ к цифровым ресурсам, но и собирать данные о ходе обучения, автоматизировать отдельные процессы, реагировать на изменения и поддерживать принятие педагогических решений на основе анализа информации. Существенную роль в этом играют IoT-технологии, обеспечивающие получение данных о физических объектах и параметрах образовательной среды, и аналитические инструменты, позволяющие интерпретировать эти данные, выявлять изменения в учебной активности обучающихся и своевременно обнаруживать возможные затруднения.

Переход от использования отдельных цифровых инструментов к взаимосвязанной, адаптивной и интеллектуально поддерживаемой образовательной среде лежит в основе концепции SMART Education. В данном контексте понятие «SMART» характеризует не просто наличие современных технологий, а способность образовательной среды взаимодействовать с участниками и объектами, получать и использовать данные, автоматизировать отдельные процессы, учитывать контекст обучения и поддерживать принятие обоснованных педагогических решений. Такой подход предполагает объединение технологических и педагогических компонентов образовательной среды и создание условий для более гибкой организации обучения. SMART Education, таким образом, можно рассматривать как направление развития цифрового образования, ориентированное на создание более гибкой, персонализированной и управляемой на основе данных образовательной среды.

Одной из форм практической реализации принципов SMART Education становится SMART-аудитория. В данном исследовании она рассматривается не просто как учебное помещение, оснащенное современным оборудованием, а как интегрированная физико-цифровая образовательная система, объединяющая два взаимосвязанных уровня: физическую инфраструктуру и единую цифровую платформу. Физическая инфраструктура включает сенсоры и другие IoT-устройства, сетевую инфраструктуру, интерактивное оборудование, средства визуализации и другие технологические ресурсы, обеспечивающие ресурсную основу образовательной, проектной и исследовательской деятельности. Цифровая платформа обеспечивает цифровое представление и управление ресурсами, данными и процессами, а также цифровое сопровождение деятельности SMART-аудитории. Взаимодействие этих уровней позволяет связать физические объекты и процессы SMART-аудитории с их цифровым представлением, использовать данные о состоянии среды и деятельности участников и объединять различные виды деятельности в едином цифровом пространстве.

В отличие от традиционной аудитории, в которой цифровые устройства преимущественно используются для представления и передачи учебной информации, SMART-аудитория создает условия для практического взаимодействия обучающихся с технологиями, данными и цифровыми сервисами. Она может одновременно выступать образовательной, технологической и проектно-исследовательской средой, в которой обучающиеся не только

используют цифровые инструменты, но и приобретают опыт проектирования, анализа и оценки цифровых решений. Поэтому SMART-аудитория представляет собой не только элемент образовательной инфраструктуры, но и пространство организации различных видов деятельности, объединяющих обучение, практику и исследование.

Особую значимость такой подход приобретает в системе педагогического образования. Подготовка будущего учителя предполагает формирование не только навыков работы с отдельными цифровыми инструментами, но и способности проектировать образовательный процесс в условиях цифровой среды, использовать данные для принятия педагогических решений и интегрировать современные технологии в профессиональную деятельность. SMART-аудитория предоставляет для этого практическую среду, в которой будущие педагоги могут осваивать цифровые технологии в условиях их применения, разрабатывать образовательные сценарии, реализовывать проекты, анализировать результаты и оценивать педагогический потенциал цифровых решений. В этом смысле SMART-аудитория приобретает двойное значение. Она является одновременно средой обучения и средой профессиональной подготовки будущего педагога к деятельности в условиях цифровой трансформации образования.

Исследования SMART-аудиторий и интеллектуальных сред обучения охватывают широкий круг технологических и педагогических вопросов. Рассматриваются возможности IoT, облачных технологий, сенсорных систем, искусственного интеллекта, аналитических инструментов и систем управления обучением для расширения возможностей образовательной среды и поддержки более гибкой организации обучения [1,2]. Hwang рассматривает интеллектуальные образовательные среды с позиции контекстной осведомленности и способности учитывать состояние обучающегося и параметры окружающей среды, тогда как Корег [3] акцентирует внимание на взаимодействии человека с цифровыми и адаптивными компонентами образовательного пространства. Обзор Kaur, Bhatia и Stea [4] показывает, что исследования SMART-аудиторий охватывают широкий спектр технологий – от сенсорных сетей и облачных сервисов до машинного обучения и систем управления обучением. При этом авторы отмечают необходимость более целостного и междисциплинарного подхода, поскольку разрозненное внедрение отдельных технологий не позволяет в полной мере раскрыть потенциал SMART-аудитории. Аналогичные выводы содержатся в работах Табуенса и соавторов [5] и исследованиях интеллектуальных сред обучения [6], где подчеркивается необходимость одновременного учета педагогического, цифрового и физического компонентов образовательного пространства.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных технологическим возможностям SMART-аудиторий, вопросы их организации как целостных образовательных систем остаются недостаточно разработанными. В научных работах отдельно рассматриваются IoT-устройства, цифровые ресурсы, аналитические инструменты, образовательные сценарии и вопросы подготовки преподавателей, однако недостаточно внимания уделяется тому, как эти элементы объединяются в рамках конкретной SMART-аудитории, какие функции она выполняет, кто участвует в ее деятельности, какие процессы в ней происходят и как связаны между собой ее технологические, образовательные, проектные, исследовательские и организационные компоненты.

Это ограничивает возможности обоснованного цифрового сопровождения SMART-аудитории. Цифровая платформа должна не просто предоставлять доступ к отдельным ресурсам или обеспечивать управление подключенными устройствами. Ее функциональная структура должна соответствовать реальным процессам, участникам, ресурсам и направлениям деятельности SMART-аудитории. Поэтому для ее проектирования необходимо предварительно определить, из каких компонентов состоит SMART-аудитория, какие функции они выполняют, кто участвует в ее деятельности, какие взаимосвязи между ними возникают и какие процессы требуют цифровой поддержки. Без такого целостного

представления существует риск построения платформы как набора разрозненных сервисов, не отражающих реальную организацию деятельности SMART-аудитории.

В связи с этим в данном исследовании SMART-аудитория рассматривается как целостная физико-цифровая образовательная система, в которой взаимосвязаны инфраструктура, участники, ресурсы, виды деятельности и процессы управления. Такой подход позволяет перейти от рассмотрения отдельных технологических элементов к определению общей логики функционирования SMART-аудитории и установить, каким образом ее структура и деятельность должны быть представлены в цифровой среде. На этой основе становится возможным определить требования к цифровому сопровождению, состав функциональных компонентов и взаимосвязи цифровой платформы.

Таким образом, для организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории необходимо целостно представить ее структуру, участников, ресурсы, основные направления деятельности и взаимосвязи, а также определить их отражение в цифровой среде. Такое представление позволяет связать организацию деятельности в физическом пространстве с ее цифровым сопровождением и обосновать функциональную структуру и информационную архитектуру соответствующей цифровой платформы.

Цель исследования – разработать концептуальную модель организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории в системе педагогического образования, отражающую ее структуру, участников, ресурсы, основные направления деятельности и взаимосвязи и определяющую функциональную структуру и информационную архитектуру цифровой платформы как технологической основы цифрового сопровождения.

### **Методология исследования**

Данное исследование носит концептуально-модельный характер и направлено на разработку концептуальной модели организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории в системе педагогического образования. В основу исследования положено понимание SMART-аудитории не как отдельного технически оснащенного учебного помещения, а как целостной физико-цифровой образовательной системы, объединяющей физическую инфраструктуру и единую цифровую платформу, а также участников, ресурсы, виды деятельности, данные и процессы управления. Такой подход позволил рассматривать цифровую платформу как цифровой уровень SMART-аудитории, обеспечивающий интеграцию ее ресурсов, процессов, данных и участников и их цифровое сопровождение.

Исследование проводилось в несколько взаимосвязанных этапов.

На первом этапе осуществлялся анализ научных публикаций и современных подходов к цифровой трансформации педагогического образования, SMART Education, интеллектуальным образовательным средам, использованию IoT и цифровых платформ в образовательном процессе. Анализ позволил определить основные характеристики SMART-образовательных сред, направления их применения в педагогическом образовании и проблемы, связанные с организацией их деятельности. Особое внимание уделялось исследованиям, рассматривающим интеграцию физической и цифровой образовательной среды, использование данных и аналитических инструментов, проектную деятельность и цифровые средства взаимодействия.

На втором этапе осуществлялась концептуализация SMART-аудитории как объекта исследования. Определялись ее назначение, физическая инфраструктура, цифровой уровень, основные ресурсы, участники и направления деятельности. В качестве исходного положения было принято, что наличие IoT-устройств, сенсоров, интерактивного оборудования и сетевой инфраструктуры само по себе не определяет SMART-аудиторию как целостную образовательную систему. Поэтому анализировалась взаимосвязь физической инфраструктуры с цифровыми ресурсами, образовательными, проектными, исследовательскими, аналитическими, коммуникационными и организационно-

управленческими процессами. Такой подход позволил перейти от описания отдельных технических средств к определению структуры и логики функционирования SMART-аудитории.

На третьем этапе с использованием функционального анализа определялись основные виды деятельности, которые должны быть включены в систему организации и цифрового сопровождения SMART-аудитории. Были выделены образовательная, проектно-практическая, исследовательская, аналитическая, коммуникационная и организационно-управленческая деятельность, а также деятельность по представлению и распространению результатов. Для каждого направления определялись основные процессы, необходимые ресурсы, участники и ожидаемые результаты. Анализировалось, какие процессы требуют цифровой поддержки, какие данные возникают в ходе их выполнения, кто должен иметь к ним доступ и какие функции необходимы для их организации, мониторинга и управления. Это позволило связать основные виды деятельности SMART-аудитории с конкретными задачами цифрового сопровождения.

На четвертом этапе проводилась структуризация выявленных компонентов и установление связей между ними. Системный подход использовался для определения места каждого компонента в общей структуре SMART-аудитории и характера его взаимодействия с другими компонентами. В результате были выделены семь взаимосвязанных компонентов: инфраструктурный, образовательный, проектно-практический, аналитический, исследовательский, организационно-управленческий и информационно-презентационный. При этом физическая инфраструктура рассматривалась как ресурсная основа системы, а единая цифровая платформа – как ее цифровой уровень, обеспечивающий представление и интеграцию ресурсов, процессов, данных и участников.

На пятом этапе характеристики и процессы SMART-аудитории преобразовывались в требования к ее цифровому сопровождению. Для каждого компонента и направления деятельности определялись необходимые цифровые функции, данные, информационные связи и механизмы взаимодействия участников. При формировании требований учитывалась необходимость цифровой поддержки работы с физическими и цифровыми ресурсами, подключенным оборудованием и IoT-устройствами, организации образовательной, проектной и исследовательской деятельности, сбора и обработки данных, их визуализации и аналитического представления, коммуникации участников, ведения электронных портфолио и репозиторий, а также представления и распространения результатов деятельности. Дополнительно учитывались требования к интеграции сервисов, обмену данными между компонентами, разграничению доступа и формированию единого информационного пространства. На этой основе определялись функциональный состав цифровой платформы и связи между ее основными разделами.

На шестом этапе на основе установленных компонентов, связей и требований разрабатывалась концептуальная модель организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории. Модель отражает взаимосвязь целей, физической инфраструктуры, цифровой платформы, участников, ресурсов, видов деятельности, процессов управления и средств их цифровой поддержки. При ее построении учитывалась последовательность основных процессов: планирование деятельности, предоставление ресурсов, реализация образовательных, проектных и исследовательских мероприятий, сбор и анализ данных, фиксация результатов, взаимодействие участников и представление полученных результатов. Это позволило представить SMART-аудиторию как динамическую физико-цифровую систему, в которой результаты деятельности используются для последующего анализа, совершенствования процессов и развития образовательных практик.

На заключительном этапе проводилась логико-структурная и сценарная проверка разработанной модели. Ее целостность оценивалась по соответствию цели исследования, полноте представления основных компонентов SMART-аудитории, согласованности связей между ними и соответствию предусмотренных цифровых средств основным процессам и

направлениям ее деятельности. Дополнительно модель проверялась на типовых сценариях деятельности, таких как организация учебного занятия с использованием IoT-оборудования, реализация студентами проектной работы, мониторинг состояния SMART-аудитории, анализ образовательных данных, проведение исследовательского проекта и представление его результатов профессиональному сообществу. Такая проверка позволила определить, охватывает ли модель основные процессы SMART-аудитории и обеспечивает ли согласованное представление их цифровой поддержки в рамках единой платформы.

Таким образом, методология исследования сочетает анализ научных источников, системный и функциональный анализ, концептуализацию объекта, структурно-функциональное моделирование и логико-сценарную проверку разработанной модели. Такой комплекс методов соответствует цели исследования, поскольку позволяет последовательно представить SMART-аудиторию как целостную физико-цифровую образовательную систему, определить структуру и взаимосвязи ее деятельности, сформировать требования к цифровому сопровождению и разработать концептуальную модель, на основе которой обосновываются функциональная структура и информационная архитектура цифровой платформы.

### **Результаты исследования**

Проведенное исследование позволило уточнить представление о SMART-аудитории в системе педагогического образования. Она рассматривается не просто как учебное помещение, оснащенное современными техническими средствами, а как интегрированная физико-цифровая образовательная среда, объединяющая физическую инфраструктуру и цифровую платформу, в рамках которых взаимосвязаны ресурсы, участники, данные и процессы образовательной, проектной и исследовательской деятельности. Это соответствует современному пониманию интеллектуальной образовательной среды как пространства, в котором физические, цифровые и педагогические компоненты функционируют во взаимосвязи [6].

Физическую основу SMART-аудитории составляют учебное помещение и его технологическая инфраструктура, а именно IoT-устройства и сенсоры, контроллеры, исполнительные устройства, сетевое и интерактивное оборудование, серверные и облачные ресурсы. Они обеспечивают мониторинг параметров образовательной среды, управление оборудованием и передачу данных в цифровую среду. Однако техническое оснащение само по себе не обеспечивает целостного функционирования SMART-аудитории. Для этого необходима цифровая среда, объединяющая образовательные сервисы, инструменты проектной и исследовательской деятельности, аналитические средства, репозитории материалов и результатов, коммуникационные средства и механизмы управления и информационного сопровождения деятельности аудитории. Использование IoT расширяет эти возможности за счет получения данных о физических объектах и параметрах образовательной среды, которые могут использоваться в образовательном процессе и аналитике [7,8]. Взаимодействие физического и цифрового уровней позволяет связать реальные объекты и процессы SMART-аудитории с их цифровым представлением и обеспечить сопровождение различных видов деятельности в едином цифровом пространстве.

На этой основе в исследовании выделены семь взаимосвязанных компонентов организации и деятельности SMART-аудитории. Это инфраструктурный, образовательный, проектно-практический, аналитический, исследовательский, организационно-управленческий и информационно-презентационный компоненты. Они отражают основные ресурсы, направления деятельности и процессы, которые должны быть учтены при организации SMART-аудитории и ее цифровом сопровождении.

Инфраструктурный компонент образует технологическую основу SMART-аудитории. Он включает IoT-устройства, сенсоры, контроллеры, исполнительные устройства, локальную сеть и Wi-Fi, серверные и облачные ресурсы, интерактивное оборудование и средства

идентификации пользователей, а также цифровые ресурсы, необходимые для реализации образовательных, проектных и исследовательских сценариев.

Образовательный компонент определяет содержание и средства учебной работы в SMART-аудитории. Он включает электронные курсы, цифровые учебные материалы, виртуальные лаборатории, тренажеры и средства оценивания, обеспечивающие теоретическую подготовку, практическое освоение технологий и оценку результатов обучения. Например, при изучении темы IoT студенты сначала осваивают теоретический материал в электронном курсе и выполняют микро-задание, затем в виртуальной лаборатории моделируют подключение датчика к микроконтроллеру и после этого реализуют аналогичную задачу на реальном оборудовании SMART-аудитории. Результаты выполнения заданий и практической работы фиксируются в цифровой среде и могут использоваться для анализа учебной деятельности. Виртуальные лаборатории при этом позволяют безопасно отрабатывать практические навыки и формировать цифровой след, который может быть использован для последующего анализа результатов обучения [9].

Проектно-практический компонент обеспечивает применение освоенных технологий при решении практических задач. Например, в проекте «Мониторинг параметров SMART-аудитории» студенты разрабатывают систему сбора данных о температуре, влажности и концентрации CO<sub>2</sub>, передают их через микроконтроллер в цифровую среду и отображают текущие значения на аналитической панели. Такой проект объединяет программирование микроконтроллеров, работу с IoT-устройствами, передачу и анализ данных, и принятие решений по организации образовательной среды.

Аналитический компонент обеспечивает сбор и анализ данных об образовательной активности, использовании оборудования, физических параметрах среды и результатах учебной и проектной деятельности. Анализ этих данных позволяет выявлять изменения в учебной активности студентов, затруднения при выполнении заданий и своевременно корректировать учебную работу. Например, преподаватель может анализировать посещаемость и выполнение заданий, результаты работы в виртуальной лаборатории и участие студентов в проектах. Данные о температуре, освещенности и концентрации CO<sub>2</sub> могут использоваться для оценки физических условий проведения занятий. Таким образом, аналитический компонент не ограничивается отображением данных, а служит основой для принятия педагогических и организационных решений. Современные исследования learning analytics в высшем образовании также показывают расширение практик использования образовательных данных для анализа учебной активности и результатов обучающихся [10].

Исследовательский компонент обеспечивает использование SMART-аудитории как площадки для учебных и научных исследований. Он включает электронные репозитории проектов, цифровую библиотеку и электронные журналы наблюдений. Накопление и систематизация таких материалов позволяет сохранять результаты исследований и использовать их в последующей образовательной и проектной деятельности.

Организационно-управленческий компонент обеспечивает координацию деятельности и взаимодействие участников. Он включает средства совместной работы, консультаций, планирования и координации проектов, а также инструменты управления ресурсами и доступом к ним.

Информационно-презентационный компонент связан с представлением и распространением результатов деятельности SMART-аудитории. К ним относятся студенческие проекты, цифровые разработки, методические материалы, результаты исследований и успешные образовательные практики. Их представление в профессиональном пространстве создает условия для обмена опытом, распространения успешных решений и взаимодействия с профессиональным сообществом.

Выделенные компоненты функционируют во взаимосвязи и объединяются общими ресурсами, данными, участниками и результатами. Например, при разработке системы мониторинга студенты используют оборудование инфраструктурного компонента, учебные

материалы образовательного компонента, выполняют проектные задачи, анализируют полученные данные, сохраняют результаты в электронном портфолио и исследовательском репозитории и представляют готовое решение профессиональному сообществу. Таким образом, один практический сценарий объединяет ресурсы и процессы всех семи компонентов в единую систему.

Информация, формируемая в ходе деятельности, также перемещается между компонентами. Данные IoT-устройств используются в учебных заданиях и проектах, результаты проектной работы сохраняются в цифровых репозиториях, аналитические показатели применяются для оценки результатов и планирования последующей деятельности, а успешные разработки представляются профессиональному сообществу. Поэтому деятельность SMART-аудитории может быть представлена как взаимосвязанный цикл планирование → организация → реализация → мониторинг → анализ → фиксация результатов → представление и распространение → совершенствование деятельности. Такая последовательность показывает, что цифровое сопровождение должно охватывать не отдельные технические операции, а весь цикл деятельности. При этом результаты одного этапа могут становиться ресурсом для последующих этапов, обеспечивая непрерывность и цикличность процессов.

Для поддержки такого цикла необходима единая цифровая платформа, которая связывает физическую инфраструктуру SMART-аудитории с ее цифровым представлением и объединяет ресурсы, данные, участников и организационные процессы. Она представляет собой цифровой уровень SMART-аудитории, основное ее назначение заключается в цифровой интеграции и сопровождении деятельности, реализуемой в рамках выделенных компонентов.

На этой основе разработана концептуальная модель организации и цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории. Модель объединяет физическую инфраструктуру, цифровую платформу, ресурсы, участников, семь взаимосвязанных компонентов, виды деятельности, данные, результаты и процессы управления. Ее структура отражает взаимосвязь физического и цифрового уровней, а также движение ресурсов, информации и результатов между компонентами. Физическая инфраструктура выступает ресурсной основой образовательной, проектной и исследовательской деятельности, тогда как цифровая платформа обеспечивает ее цифровое представление, взаимодействие участников, обработку данных и поддержку основных процессов. В результате SMART-аудитория представляется как динамическая система, в которой результаты деятельности используются для последующего анализа, совершенствования процессов и развития образовательных практик, представленных на рисунке 1.

Разработанная модель позволила определить, какие процессы SMART-аудитории требуют цифровой поддержки и какие функции должна обеспечивать цифровая платформа для организации, сопровождения и взаимосвязи. Функциональная структура платформы формировалась не на основе перечня доступных цифровых технологий, а исходя из реальных видов деятельности, ресурсов и информационных потоков SMART-аудитории. В результате определены следующие основные функции цифрового сопровождения:

- обеспечение доступа к физическим и цифровым ресурсам;
- управление и мониторинг IoT-инфраструктуры;
- организация образовательной, проектной и исследовательской деятельности;
- сбор, хранение и обработка данных;
- визуализация и аналитическое представление информации;
- организация коммуникации и совместной работы;
- хранение результатов и формирование электронных портфолио;
- представление и распространение разработок и успешных практик;
- интеграция перечисленных функций в едином информационном пространстве.

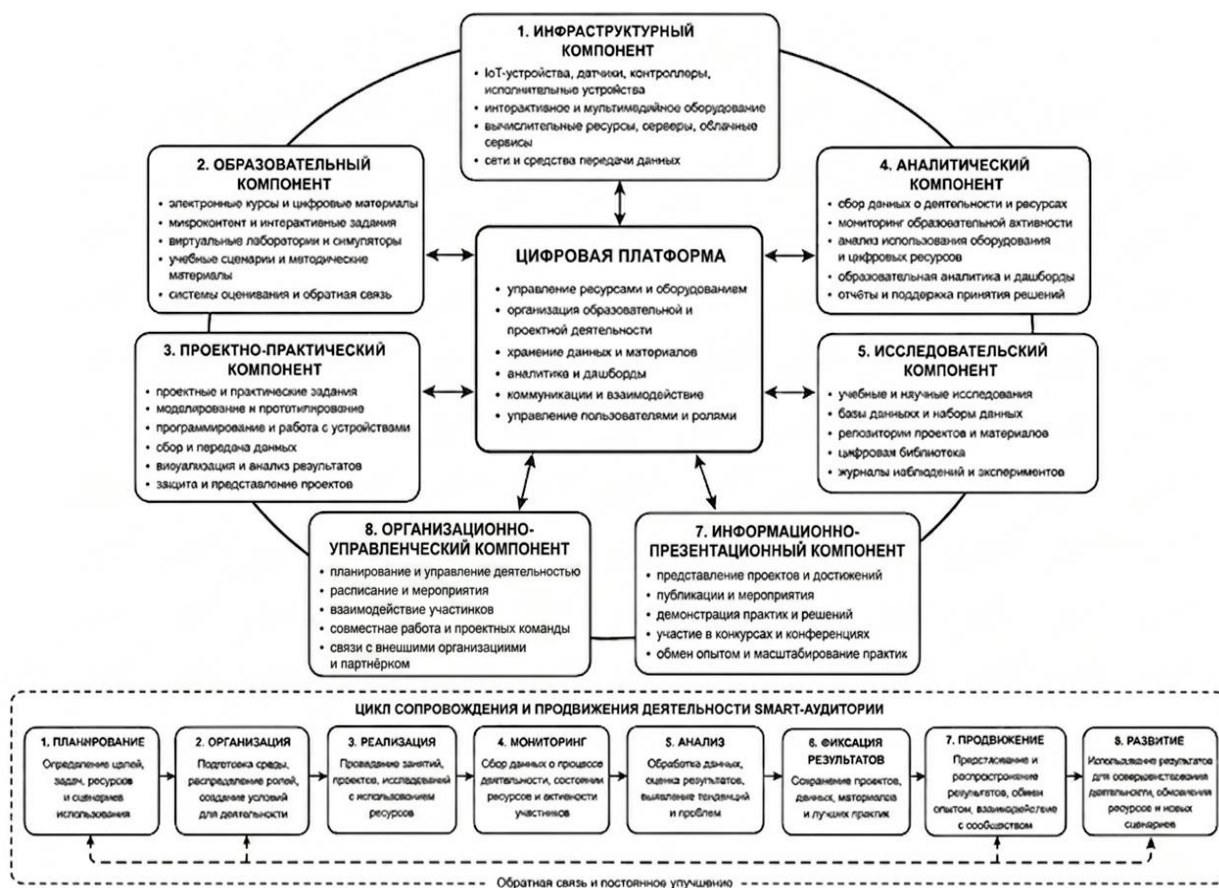


Рисунок 1. Концептуальная структурно-функциональная модель SMART-аудитории

На основе определенных функций сформирована функциональная структура цифровой платформы, включающая семь основных разделов: «SMART-аудитория», «Обучение», «Проекты», «Исследования», «Аналитика», «Сообщество», «Результаты и медиа». Эти разделы соответствуют основным направлениям деятельности SMART-аудитории, но не предполагают линейной последовательности работы. Они образуют взаимосвязанную систему, в которой между разделами осуществляется обмен данными и результатами. Например, при выполнении проекта студент получает задание и необходимые материалы в разделе «Обучение», использует оборудование и данные через раздел «SMART-аудитория», фиксирует этапы и результаты работы в разделе «Проекты», сохраняет данные и материалы эксперимента в разделе «Исследования», а результаты и показатели работы анализируются в разделе «Аналитика». Итоговая разработка может быть представлена в разделе «Результаты и медиа». Такой сценарий демонстрирует функциональную связь разделов и необходимость их объединения в единой цифровой среде.

Раздел «SMART-аудитория» обеспечивает цифровое представление физической инфраструктуры. В нем размещается информация об оборудовании, IoT-устройствах, подключенных сенсорах, доступных ресурсах и состоянии образовательной среды. При наличии соответствующего оборудования и сетевого подключения данные о состоянии среды и устройств могут передаваться в аналитические сервисы.

Раздел «Обучение» объединяет LMS и специализированные образовательные сервисы. LMS обеспечивает размещение электронных курсов, организацию занятий, выдачу заданий, оценивание и отслеживание прогресса. Дополнительные сервисы включают микроконтент, виртуальные лаборатории, симуляторы, тренажеры и интерактивные задания. Таким образом, LMS выступает образовательной подсистемой единой платформы.

Раздел «Проекты» предназначен для сопровождения проектной деятельности от постановки задачи до представления результата. Он включает активные проекты, команды, этапы выполнения, задания, результаты и электронные портфолио.

Раздел «Исследования» объединяет исследовательские проекты, наборы данных, экспериментальные материалы, публикации и электронную библиотеку. Он обеспечивает сохранение и повторное использование результатов в образовательной и проектной деятельности.

Раздел «Аналитика» объединяет данные об образовательной активности, использовании оборудования, IoT-устройств и проектной деятельности. Их совместный анализ позволяет отслеживать деятельность SMART-аудитории и поддерживать принятие педагогических и организационных решений.

Раздел «Сообщество» обеспечивает взаимодействие преподавателей, студентов, исследователей, представителей школ и работодателей. Здесь могут выполняться совместные проекты, проводиться консультации, вебинары, обсуждения и профессиональные мероприятия.

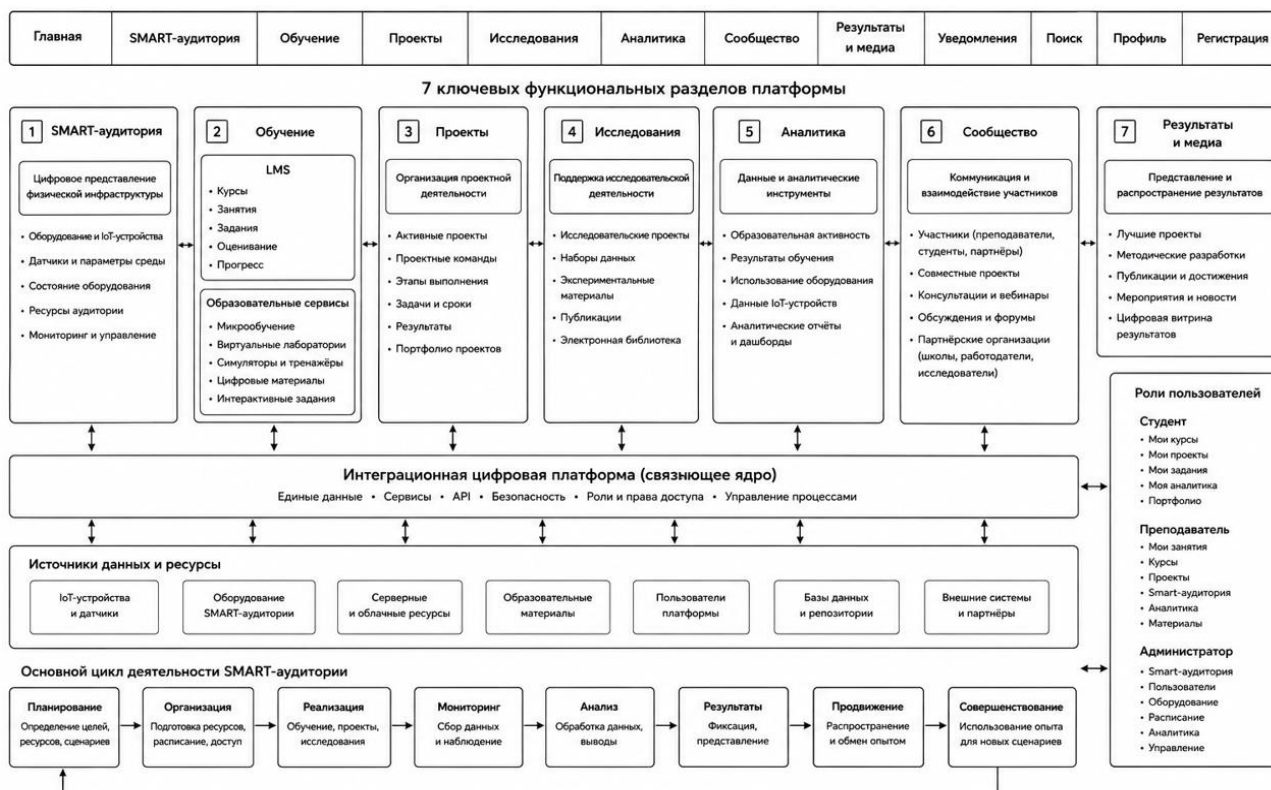
Раздел «Результаты и медиа» предназначен для представления проектов, цифровых разработок, исследовательских результатов, публикаций, мероприятий и успешных педагогических практик. Он обеспечивает представление результатов деятельности SMART-аудитории во внешнем профессиональном пространстве.

Таким образом, функциональная структура платформы непосредственно отражает структуру деятельности SMART-аудитории. Раздел «SMART-аудитория» связывает цифровую среду с физической инфраструктурой, «Обучение» поддерживает образовательный процесс, «Проекты» и «Исследования» – практическую и научную деятельность, «Аналитика» – работу с данными, «Сообщество» – взаимодействие участников, а «Результаты и медиа» – представление и распространение результатов. Их объединение формирует единую цифровую среду организации и сопровождения деятельности SMART-аудитории.

На основе функциональной структуры определена информационная архитектура платформы, объединяющая в едином цифровом пространстве физические ресурсы SMART-аудитории, образовательные сервисы, проектную и исследовательскую деятельность, аналитические инструменты и средства коммуникации. Архитектура предусматривает обмен данными между разделами. Например, данные IoT-устройств могут одновременно использоваться в учебных и проектных заданиях и поступать в аналитические сервисы. Результаты проекта могут сохраняться в электронном портфолио, передаваться в исследовательский репозиторий и после завершения представляться в разделе «Результаты и медиа». Таким образом, архитектура представляет собой не линейную последовательность разделов, а взаимосвязанную систему функциональных модулей, объединенных общими данными и информационными потоками (рис. 2).

Такое построение архитектуры отражает основную идею разработанной модели. Цифровая платформа не заменяет физическую SMART-аудиторию, а дополняет ее цифровым представлением, поддерживает организацию процессов, работу с данными и взаимодействие участников.

Для практической реализации функциональной структуры предусмотрено ролевое разграничение доступа к платформе. При единой архитектуре набор доступных функций и содержание интерфейса определяются ролью пользователя. Студент получает доступ к курсам, заданиям, проектам, собственным результатам, аналитике учебной деятельности и электронному портфолио. Преподаватель работает с образовательными материалами, проектами, ресурсами SMART-аудитории, аналитическими данными и средствами сопровождения обучающихся. Администратор управляет пользователями, оборудованием, расписанием, ресурсами, правами доступа и сводной аналитикой. Такое распределение сохраняет единую структуру платформы и одновременно обеспечивает каждому участнику доступ к функциям, соответствующим его роли в деятельности SMART-аудитории.



## Дискуссия

Полученные результаты позволяют уточнить, при каких условиях SMART-аудитория может быть организована как интеллектуальная образовательная среда в системе педагогического образования. Современные исследования подтверждают, что интеграция интеллектуальных технологий, IoT, сетевой инфраструктуры, средств анализа данных и интерактивного оборудования может положительно влиять на результаты обучения. В частности, метаанализ Сао и др. [11], включивший 43 экспериментальных и квазиэкспериментальных исследования, выявил статистически значимый положительный эффект интеллектуальной среды обучения на когнитивные, аффективные и психомоторные результаты. Вместе с тем высокая неоднородность полученных результатов показывает, что эффективность таких сред определяется не только используемыми технологиями, но и условиями их реализации, педагогическими подходами и особенностями образовательного контекста. Поэтому в данном исследовании акцент сделан не на расширении технологического оснащения SMART-аудитории, а на организации взаимосвязанной системы ее деятельности.

Такой подход согласуется с исследованиями, в которых интеллектуальная среда обучения рассматривается как среда, способная учитывать контекст обучения и состояние взаимодействующих с ней объектов и участников. Hwang [2] связывает интеллектуальность образовательной среды с ее контекстной осведомленностью, то есть способностью получать информацию о состоянии обучающегося и окружающего пространства и использовать ее для поддержки обучения. Систематический обзор Bautista и López-Costa [6] также показывает необходимость одновременного учета педагогического, физического и цифрового компонентов интеллектуальной среды обучения. Разработанная в данном исследовании модель развивает этот подход за счет включения организационно-управленческого компонента и представления SMART-аудитории как системы, в которой технологии, участники, ресурсы и данные связаны с образовательной, проектной, исследовательской и коммуникационной деятельностью. Это позволяет сместить акцент с вопроса о том, какие технологии установлены в аудитории, на вопрос о том, каким образом они включены в реальные процессы и обеспечивают достижение образовательных и организационных результатов.

Для педагогического образования такое расширение имеет особое значение. Будущему педагогу недостаточно уметь пользоваться отдельными цифровыми инструментами; ему необходимо понимать, как технологии, данные, физическое пространство и педагогические сценарии могут использоваться совместно для решения образовательных задач. Поэтому SMART-аудитория может одновременно выступать средой освоения технологий и пространством формирования опыта их проектирования, практического применения и педагогической оценки. Подобный комплексный подход отражен и в обзоре Quevedo Piratova и соавторов [12], где при проектировании интеллектуальных аудиторий учитываются физические параметры пространства, технологии, взаимодействие участников и педагогические подходы. В предлагаемой модели эта идея дополнена проектно-практическим и исследовательским компонентами, благодаря чему обучающиеся получают возможность не только использовать готовые технологии, но и разрабатывать, апробировать и анализировать собственные цифровые решения.

Необходимость целостного подхода подтверждается и систематическим обзором Alfoudari A.M. и др. [13], охватившим 105 исследований SMART-аудиторий. Авторы выделяют среди сохраняющихся проблем интеграцию интеллектуальных систем и аналитических инструментов, проектирование образовательной среды и согласование технологических и социальных компонентов. Полученные в данном исследовании результаты показывают один из возможных способов решения этой проблемы – связывать технологические ресурсы с конкретными видами деятельности, участниками, ресурсами, данными и ожидаемыми результатами. В таком случае IoT, аналитика, образовательные

сервисы и другие технологии становятся частью общей системы, а не набором независимо функционирующих решений.

Именно в этом контексте цифровая платформа приобретает значение цифрового уровня SMART-аудитории. В предложенной модели она не выделяется в качестве отдельного структурного компонента наряду с образовательным, проектным или исследовательским компонентами, а выполняет интегрирующую функцию. Платформа связывает физическую инфраструктуру с цифровыми ресурсами, данными, участниками и процессами деятельности. Такое представление позволяет избежать понимания цифровизации как простого добавления набора сервисов к уже существующей инфраструктуре. Цифровое сопровождение в данном случае строится вокруг реальной деятельности SMART-аудитории и обеспечивает ее представление, организацию и взаимосвязь в цифровой среде. Это соответствует пониманию интеллектуальной среды обучения как системы, в которой физическое, цифровое и педагогическое измерения должны рассматриваться во взаимосвязи [6].

Отсюда следует важный принцип формирования функциональной структуры платформы. Ее состав определяется не перечнем доступных технологий, а процессами, ресурсами и информационными потоками SMART-аудитории, которые требуют цифровой поддержки. Поэтому разделы «SMART-аудитория», «Обучение», «Проекты», «Исследования», «Аналитика», «Сообщество» и «Результаты и медиа» отражают основные направления деятельности и соответствующие им функции цифрового сопровождения. При этом они не являются изолированными модулями. Между ними осуществляется обмен данными и результатами. Например, данные IoT могут использоваться в учебных и проектных заданиях, результаты проектов – сохраняться в исследовательских репозиториях и портфолио, а накопленные данные – использоваться для аналитики. Такой принцип позволяет сформировать единую цифровую среду, соответствующую логике деятельности SMART-аудитории.

Особое место в этой системе занимает аналитика. SMART-аудитория формирует данные не только об образовательной активности, но и об использовании оборудования, состоянии физической среды, проектной и исследовательской работе. Это соответствует современному развитию learning analytics, где данные используются для изучения активности пользователей цифровых платформ и результатов обучения [14]. Однако сам по себе сбор данных не гарантирует улучшения образовательного процесса. Их практическая ценность возникает тогда, когда они позволяют отвечать на конкретные педагогические и организационные вопросы – где возникают затруднения, какие ресурсы используются наиболее активно, каким проектам требуется дополнительная помощь и какие образовательные сценарии дают лучшие результаты. Поэтому в предлагаемой модели аналитика включена в общий цикл управления деятельностью: планирование → реализация → сбор данных → анализ → принятие решений → совершенствование.

Этот принцип имеет значение и для использования искусственного интеллекта. Исследования ИИ в SMART-аудиториях показывают, что внимание пока во многом сосредоточено на технологических возможностях и роль преподавателя остается важным условием эффективного применения ИИ [15,16]. В предложенной модели интеллектуальные технологии поэтому не рассматриваются как замена преподавателя. Их использование связано прежде всего с обработкой и интерпретацией данных, выявлением значимых изменений и поддержкой педагогических и организационных решений. Такой подход позволяет рассматривать ИИ как один из инструментов цифрового сопровождения деятельности SMART-аудитории, сохраняя ведущую роль преподавателя в интерпретации результатов и принятии педагогических решений.

Еще одной особенностью предлагаемого подхода является включение представления и распространения результатов в общий цикл деятельности SMART-аудитории. Проекты обучающихся, исследовательские результаты, методические разработки и успешные образовательные практики могут использоваться не только внутри аудитории, но и

представляться другим подразделениям университета, школам, работодателям и профессиональному сообществу. Это создает возможности для обмена опытом, получения обратной связи и дальнейшего развития разработанных решений. Таким образом, деятельность SMART-аудитории не завершается получением результата, а предполагает его фиксацию, представление и последующее использование в образовательной, проектной и исследовательской деятельности.

В совокупности это позволяет рассматривать SMART-аудиторию как открытую физико-цифровую образовательную систему, эффективность которой определяется не количеством установленных устройств, а тем, насколько последовательно инфраструктура включена в реальные образовательные, проектные и исследовательские процессы. Такой вывод согласуется с пониманием SMART-аудиторий как социотехнических систем, объединяющих технологические, педагогические и организационные аспекты [13]. Вклад данного исследования состоит в конкретизации этой взаимосвязи на уровне организации деятельности SMART-аудитории и ее цифрового сопровождения – от выделения компонентов и процессов до определения функциональной структуры и информационной архитектуры платформы.

При этом разработанная модель имеет концептуальный характер. Ее проверка осуществлялась посредством анализа структуры, функциональных связей и типовых сценариев использования, поэтому на данном этапе нельзя утверждать, что предложенная архитектура непосредственно приводит к повышению качества обучения или эффективности управления SMART-аудиторией. Для получения эмпирических доказательств необходимы разработка прототипа платформы, интеграция с реальными IoT-устройствами и апробация в образовательном процессе. Перспективными направлениями также являются подключение LMS и аналитических сервисов, исследование вопросов информационной безопасности и защиты образовательных данных, а также оценка влияния платформы на деятельность преподавателей и обучающихся.

Таким образом, результаты исследования показывают, что проектирование цифровой платформы для SMART-аудитории целесообразно начинать не с выбора отдельных технологий, а с анализа ее инфраструктуры, участников, видов деятельности, ресурсов, данных и взаимосвязей. Разработанная концептуальная модель связывает физическую инфраструктуру и цифровую платформу в единую систему и позволяет последовательно представить, каким образом деятельность SMART-аудитории должна поддерживаться в цифровой среде. Это создает основу для дальнейшей разработки и практической апробации платформы, а также для эмпирической оценки эффективности предложенного подхода.

### **Заключение**

Проведенное исследование показывает, что развитие SMART-аудитории в педагогическом вузе связано не столько с расширением технического оснащения, сколько с согласованной организацией его использования в образовательной, проектной и исследовательской деятельности. Поэтому SMART-аудиторию целесообразно рассматривать как целостную физико-цифровую образовательную систему, объединяющую физическую инфраструктуру и единую цифровую платформу, в рамках которых взаимосвязаны участники, ресурсы, данные и процессы деятельности.

Разработанная концептуальная модель систематизирует структуру и основные направления деятельности SMART-аудитории, устанавливает взаимосвязи между ее компонентами и отражает взаимодействие физического и цифрового уровней. На этой основе определены требования к цифровому сопровождению, сформированы функциональная структура и информационная архитектура единой цифровой платформы. Платформа при этом рассматривается не как самостоятельный компонент структуры SMART-аудитории, а как ее цифровой уровень, обеспечивающий представление и интеграцию физических и цифровых ресурсов, данных, процессов и взаимодействие участников. Такой подход позволяет связать

организацию деятельности SMART-аудитории с ее цифровым сопровождением и избежать представления платформы как набора разрозненных сервисов.

Для педагогического образования предложенный подход имеет особое значение, поскольку SMART-аудитория может выступать не только средой обучения, но и практическим пространством профессиональной подготовки будущих педагогов. В ней обучающиеся получают возможность осваивать цифровые и интеллектуальные технологии, разрабатывать и апробировать технологические решения, работать с данными, реализовывать проекты и оценивать педагогический потенциал цифровых инструментов. Это создает условия для формирования целостного практического опыта организации образовательной деятельности в физико-цифровой интеллектуальной среде.

Таким образом, предложенная модель задает целостное представление об организации и цифровом сопровождении деятельности SMART-аудитории и обеспечивает основу для ее дальнейшей практической реализации. Следующим этапом исследования станет разработка прототипа цифровой платформы, интеграция с IoT-инфраструктурой и апробация в реальном образовательном процессе. Это позволит проверить практическую применимость предложенной модели, уточнить функциональные требования и оценить влияние цифрового сопровождения на организацию образовательной, проектной и исследовательской деятельности SMART-аудитории.

### Благодарность

Исследование проведено в рамках финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP23490844 «IoT-трансформация учебного заведения: проектирование, внедрение Smart аудитории и подготовка специалистов в области IoT для образования»).

### Список использованных источников

- [1]Spector, J.M. Conceptualizing the emerging field of SMART learning environments. *SMART Learning Environments*. 1, 2. – 2014. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0002-7>
- [2]Hwang, G.J. Definition, framework and research issues of SMART learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. *SMART Learning Environment*. 1, 4. – 2014. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- [3]Koper, R. Conditions for effective SMART learning environments. *SMART Learning Environment*. 1, 5. – 2014. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- [4]Kaur, A., Bhatia, M., & Stea, G. A Survey of SMART Classroom Literature. *Education Sciences*, 12(2), 86. – 2022. <https://doi.org/10.3390/educsci12020086>
- [5]Tabuenca B.et al. "Affordances and Core Functions of SMART Learning Environments: A Systematic Literature Review," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 14, no. 2. – 2021. – pp. 129-145, doi: <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3067946>
- [6]Bautista, G., López-Costa, M. SMART learning spaces considering the integration of the pedagogical, environmental and digital dimensions: a systematic review. *Learning Environments Restarch* 28. – 2025. – 455-472. <https://doi.org/10.1007/s10984-025-09551-2> (дата обращения: 12.08.2026).
- [7]Valentina Terzieva, Svetozar Ilchev, Katia Todorova. The Role of Internet of Things in SMART Education, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 55, Issue 11. – 2022. – Pages 108-113, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.08.057>
- [8]Afzal Badshah, Anwar Ghani, Ali Daud, Ateeqa Jalal, Muhammad Bilal, Jon Crowcroft. Towards Smart Education through the Internet of Things: A Review. – 2023 – <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.12851> (дата обращения: 12.08.2026).
- [9]Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M. et al. Learning analytics in virtual laboratories: a systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environment*. 10, 23. – 2023. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y> (дата обращения: 12.08.2026).
- [10]Tao, L., Cukurova, M. & Song, Y. Learning analytics in immersive virtual learning environments: a systematic literature review. *Smart Learning Environment*. 12, 43. – 2025. <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00381-6>

[11]Cao J, A. Rashid RAB, Zhu H, Lyu B, Huang Y and Li X. *The effects of smart learning environments on learning outcomes: a meta-analysis of 43 experimental and quasi-experimental studies*. *Frontiers in Education*. – 2026. – <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1829962>

[12]Quevedo Piratova, D.A., Sánchez Duarte, M.M., Chiappe, A. and Sáez Delgado, F.M. *Intelligent Classrooms: How AI and IoT Can Reshape Learning Spaces*. *European Journal of Education*. – 2025. – <https://doi.org/10.1111/ejed.70000>

[13]Alfoudari Aisha M., Durugbo Christopher M., Aldhmour, Fairouz M. *Understanding socio-technological challenges of smart classrooms using a systematic review*, *Computers & Education*, Volume 173. – 2021. – <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104282>

[14]Hernández-Campos, M., Gonzalez-Torres, A., & García-Peñalvo, F. J. *Learning Outcomes Evaluation Through Learning Analytics Systems in Higher Education: A Systematic Literature Review*. *Sage Open*, 15(3). – 2025. – <https://doi.org/10.1177/21582440251347374>

[15]Llurba, C., Fretes, G., Martínez-Ballesté, A., & Palau, R. *Artificial Intelligence in Smart Classrooms: A Systematic Literature Review of Applications, Dimensions, and Teacher Roles*. *Encyclopedia*, 6(6), 138. – 2026. – <https://doi.org/10.3390/encyclopedia6060138>

[16]Dimitriadou, E., Lanitis, A. *A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms*. *Smart Learning Environment*. 10, 12. – 2023. – <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-3>