



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.017.9

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-2-81-96

# Иммерсивные технологии в архитектуре

**С.В. Расторгуев**

**Семен Васильевич Расторгуев**

Ярославский государственный технический университет, Институт архитектуры и дизайна,  
Ярославль, Российская Федерация

*rastorguevsv@ystu.ru*



*Рассматривается применение новых иммерсивных технологий – от архитектурного проектирования, визуализации информации до создания видоизменяющихся интерьеров и экстерьеров зданий. Для выяснения их особенностей использован ряд концептуальных разработок, прототипов и осуществленных экспериментов в области иммерсивной архитектуры как в виртуальном пространстве, так и в реальности, и на границах этих сред. Разработки включают создание виртуального макета здания в дополненной реальности, онлайн-проектирование интерьеров, визуализацию архитектурных объектов (от региона до квартиры), создание музейной экспозиции, сфокусированной на демонстрации исторического облика зданий и территорий. При создании выставочной экспозиции ориентируются на презентацию региона с применением разработки «виртуальный портал». Иммерсивные технологии ожидают большие перспективы развития, которые приведут к значительному изменению облика архитектуры в целом.*

**Ключевые слова:** иммерсивная архитектура, цифровые технологии, мультимедиа, мэппинг, онлайн-проектирование, виртуальная архитектура, музейная экспозиция

**Для цитирования:**

Расторгуев С.В. Иммерсивные технологии в архитектуре // Умные композиты в строительстве. 2025. Т. 6, вып. 2. С. 81-96. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/6061/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-2-81-96



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-2-81-96

# Immersive technologies in architecture

**S.V. Rastorguev**

**Semyon V. Rastorguev**

Yaroslavl State Technical University, Institute of Architecture and Design, Yaroslavl, Russian Federation

*rastorguevsv@ystu.ru*



*The paper considers the application of new immersive technologies - from architectural design, information visualisation to the creation of immersive interiors and exteriors of buildings. The author applies a number of conceptual developments, prototypes and experiments in the field of immersive architecture both in virtual space and in reality, and at the boundaries of these environments. The developments include the creation of a virtual model of a building in augmented reality, online interior design, visualisation of architectural objects (from a region to a flat), creation of a museum exposition focused on demonstrating the historical appearance of buildings and territories. When creating an exhibition exposition, the focus is on the presentation of the region using the development of a 'virtual portal'. Immersive technologies have great prospects for development, which will lead to a significant change in the architectural image as a whole.*

**Keywords:** immersive architecture, digital technologies, multimedia, mapping, online design, virtual architecture, museum exhibition

**For citation:**

Rastorguev S.V. Immersive technologies in architecture // *Smart Composite in Construction*. 2025. Vol. 6, Iss. 2. P. 81-96. URL: <https://comincon.ru/en/nauka/issue/6061/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2025-6-2-81-96



## ВВЕДЕНИЕ

Расцвет цифровых технологий не оставляет в стороне и архитектуру [1]. Материальность зданий и архитектурных пространств постепенно растворяется в цифровых пикселях. Образы и идеи, заложенные в проекты, авторы стремятся подать и проявить наиболее ярко, опираясь на новые технологии. В свою очередь, эти технологии воздействуют на чувства зрителя все активнее и настойчивее, обеспечивая полное погружение наблюдателя в среду.

Архитектура так или иначе направлена в будущее. Архитекторы чаще прогнозируют короткие периоды ее локального развития, пытаются добиться, чтобы здание не успело устареть за то время, пока будет разработана рабочая документация, осуществится согласование проекта и строительство. Однако существуют методики реалистичного прогнозирования и долгосрочного развития архитектуры [2]. Чаще всего следствием их применения являются проекты, которые современники называют «бумажными». Однако, если проследить за судьбой такой «бумажной архитектуры» в авангарде 1920-х гг., можно отметить, что многие из представленных идей нашли применение спустя десятилетия или, скорее, даже столетие.

Рассмотрим одно из направлений развития архитектуры и дизайна, которое только зарождается, находится в экспериментальной стадии и, возможно, через короткое время станет мейнстримом. Это направление тактическое и не нацеливается на создание мегасооружений. Оно затрагивает визуальную составляющую самой архитектуры, процесса проектирования и донесения до наблюдателя зрительной информации о здании или объекте. В архитектуре, дизайне и строительстве такое сегодня называют «иммерсивной архитектурой» (от англ.: *immersive architecture*).

Данное направление стремится создать пространства, погружающие человека в определенную среду или опыт. Проекты, с ним ассоциирующиеся, часто используют сочетание физических элементов и технологий, например, виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) или смешанной реальности (MR) [3], света, звука, аудио- и сенсорных систем, а также интерактивных компонентов, чтобы стереть границы между зрителем (пользователем) и окружающим пространством.

Среди примеров применения подобных технологий можно выделить инсталляции *TeamLab* [4], их цифровые музеи, где посетители взаимодействуют с динамическими проекциями, или здания, спроектированные с учетом сенсорного опыта (например, павильоны на выставке *Expo* в Дубае). Повседневное применение – мультимедийные пространства или игровые зоны, где архитектура предоставляет пользователю обратную связь, «отвечая» на действия человека.

Иммерсивные технологии предлагают архитектору набор инструментов и решений, которые позволяют обитателю здания, в зависимости от реализуемой функции, тем или иным способом «погрузиться» в искусственную или реальную среду, дополненную цифровыми элементами; при этом создается ощущение присутствия. Эти технологии все активнее применяются не только в выставочных пространствах и для развлечений, но и успешно реализуются в медицине, образовании, искусстве и других сферах.

Среди иммерсивных технологий известны:

– *виртуальная реальность (Virtual reality; VR)*: полное погружение в цифровой мир через VR-очки или шлемы (например, *Oculus Rift* или *Valve Index*) [5]; при этом пользователь переносится из реальности в смоделированную среду;



– *дополненная реальность (Augmented Reality; AR)*: наложение цифровых элементов на реальный мир через очки (как вариант: *HoloLens*); одним из ярких примеров является игра *Pokémon GO* [6];

– *смешанная реальность (Mixed reality; MR)*: гибрид *VR* и *AR*, где цифровые объекты взаимодействуют с физическим окружением в реальном времени;

– *360°-видео и аудио*: панорамный контент, который позволяет ощутить себя «внутри» сцены; часто используется в кино или при проведении виртуальных туров;

– *гаптические технологии*: устройства, передающие тактильные ощущения (вибрация, давление), усиливая таким образом эффект присутствия.

В контексте иммерсивной архитектуры перечисленные технологии могут использоваться для создания интерактивных пространств. Например, архитекторы применяют *VR* для визуализации проектов еще до строительства объекта, позволяя клиентам «пройтись» по будущему зданию. Также в готовых тестовых пространствах возможно создание инсталляций с проекциями и датчиками движения, которые реагируют на действия посетителей.

Кроме того, эти технологии потенциально пригодны для 3D скульптинга, однако на данный момент иммерсивное архитектурное проектирование делает свои первые шаги и пока широко не распространено [7].

Рассмотрим практическое применение технологии на нескольких реальных примерах и прототипах, созданных в лаборатории расширенной реальности Института архитектуры и дизайна Ярославского государственного технического университета (*XR lab*). Об актуальности представленных разработок свидетельствуют публикации в региональных и федеральных СМИ («Аргументы и факты», МК.ru, «Вести Ярославль», «Первый Ярославский» и др.), а также выставочные презентации на мероприятиях: Интурмаркет, Интермузей, Ярославский градостроительный форум.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АРХИТЕКТУРЕ

### *Виртуальный макет здания в дополненной реальности*

Проект направлен на то, чтобы предоставить архитекторам, специалистам по недвижимости и застройщикам новый способ архитектурной презентации объекта. В это время заказчики или потенциальные обитатели недвижимости получают принципиально новый опыт просмотра объекта, их интересующего.

Дополненная реальность в данном случае используется как технология, позволяющая продемонстрировать здания или их интерьеры даже в том случае, если они еще не построены или не существуют. Технологии расширенной реальности (*XR*) также могут быть привлечены для создания дискуссионной площадки при взаимодействии застройщиков и их клиентов для обсуждения объектов недвижимости еще до строительства или в его процессе с возможностью последующей корректировки проекта.

В разработанном прототипе виртуальный макет здания визуализируется на основе печатного буклета, содержащего QR-код для скачивания приложения и специальный маркер. При этом пользователь, направляя на маркер камеру мобильного устройства, изучает планируемое здание в виде макета (рис. 1).



**Рис. 1.** Буклет с виртуальным макетом на экране устройства.  
Слева – вид макета. Справа – режим поэтажного разреза здания

**Fig. 1.** Booklet with a virtual model on the device screen.

On the left is the model view. On the right is the floor-by-floor section mode of the building

Также пользователь имеет возможность рассмотреть окружающую территорию, сделать виртуальный разрез здания, изучить планировки квартир, ознакомиться с технико-экономическими показателями [8]. Возможными опциями для развития данной разработки являются визуальное представление интерьера отдельных квартир с расстановкой мебели в комнатах. Если применять ее к малоэтажному строительству, доступным становится выбор дизайна будущего дома, а также материалов отделки и их расцветки.

Маркер, который является точкой расположения виртуального макета, может быть размещен не только на буклете, но и на визитке, указателе или любой ровной однотонной поверхности. Также возможна безмаркерная технология в связке с геолокацией пользователя, когда виртуальный макет возникает в определенном месте.

#### *Создание интерьера онлайн*

Данный прототип был разработан для подбора декоративных материалов, требуемых в процессе ремонта квартиры.

В настоящее время проект интерьера квартиры может создаваться хозяевами, которых творчески увлекает сам процесс. Однако зачастую таким проектировщикам не хватает квалификации или вкуса, кроме того, процесс может затянуться.

Второй вариант – привлечение профессионального дизайнера. В этом случае вероятность получить осмысленный и реализуемый проект интерьера резко возрастает. С другой стороны, процесс проектирования требует дополнительных затрат, не показывает всех возможных вариантов. Зачастую дизайнер аффилирован с определенными производителями материалов и мебели, что приводит к удорожанию процесса реализации и сужению диапазона выбора материалов.

Третий вариант – использование известных сервисов дизайна интерьера [9]. В данном случае проектирование осуществляется без привлечения дизайнера, что обеспечивает безвозмездное создание проекта для пользователя. Однако у таких сервисов имеется недостаток: чем больше параметров требуется настроить для проектирования, тем сложнее работа для пользователя. На определенном этапе требуются навыки САПР. Пока сервисы не позволяют автоматически создавать гармоничные сочетания цветов и материалов и не содержат прямых связей – ни с реальной стоимостью материалов на текущий момент, ни с исполнителями, реализующими проект.

Разрабатываемый прототип призван компенсировать недостатки автоматизированного проектирования, описанного в третьем варианте [10]. Прототип разрабатывается в виде мобильного приложения и веб-интерфейса с использованием технологий *Webgl*, *Three.js*.



Работа с приложением начинается с регистрации и ввода параметров помещений. В процессе уточняется тип помещения (гостиная, кухня, детская комната и др.). Затем задается наполнение комнат: мебель, материал, цвета и т.д. Отдельно возможно задавать бренды и стиль (рис. 2).



**Рис. 2.** Прототип мобильного приложения сервиса для дизайна интерьера на этапах ввода параметров и получения вариантов

**Fig. 2.** Prototype of a mobile app for interior design service at the stages of entering parameters and receiving options

После ввода первоначальных параметров пользователю становятся доступны базовые визуализации помещений, изучая которые можно регулировать параметры, что отражается на результате. В дальнейшем предполагается развитие этой модели с включением в процесс технологии искусственного интеллекта, что позволит быстро создавать наиболее гармоничные варианты интерьера.

Кроме визуализации, пользователь получает актуальный каталог отделочных материалов производителей и магазинов, привязанный к проекту, и трехмерную модель комнат для просмотра, в том числе – в дополненной/виртуальной реальности.

#### *Приложение для демонстрации архитектурного проекта в разных масштабах*

Следующий проект реализован на концептуальном уровне; на его примере продумана логистика перемещения в VR-пространстве. VR-приложение предоставляет возможность подробно и наглядно ознакомиться с архитектурным объектом и его окружением. С его помощью пользователи могут исследовать объект в различных масштабах – от регионального уровня до уровня комнаты [11].

Для использования VR-приложения требуется шлем виртуальной реальности (например, *Oculus Quest*). После активации шлем автоматически запускает приложение, и пользователь оказывается в специально созданном виртуальном пространстве – VR-офисе. Варианты оформления пространства могут быть различными: эстетически оформленное помещение с панорамным видом из окна, выполненное в заданной стилистике, либо абстрактное решение, разработанное с учетом определенного бренда.

В этом виртуальном пространстве пользователю предлагается меню с основными разделами презентации проекта. Все элементы меню активируются жестом – наведением виртуальной «руки» с курсором на соответствующий пункт в разделе. При наведении на элемент появляется пояснительная информация о реализуемой функции.

Пользователь может воспроизвести презентацию в автоматическом режиме, который представляет собой последовательность трехмерных видеороликов. Продолжительность просмотра зависит от сложности и объема информации. При необходимости пользователь



может приостановить воспроизведение, осуществить возврат (перемотку) назад или продолжить просмотр вручную.

VR-приложение содержит интерактивную карту с включением различных функций. Выбирая категорию «Регион», пользователь получает доступ к карте, на которой указано местоположение объекта. Карта представлена под углом 45 град. в аксонометрическом отображении; она содержит фрагмент космического снимка или картографическое изображение. На карте отмечены основные транспортные магистрали и соседние населенные пункты, при этом масштаб охватывает границы административного округа.

После активации геотега микрорайона на карте пользователь переходит на уровень «Микрорайон». Здесь он наблюдает трехмерную модель микрорайона, которая медленно вращается, при этом управление позволяет осмотреть объект и получить представление о нем со всех сторон.

Затем пользователь переходит на уровень «Двор». Здесь подбирается тип представления микрорайона – в формате плоской карты или же упрощенных трехмерных объектов для ориентации. Также можно активировать обозначение границ муниципальных образований и ключевые инфраструктурные объекты – дороги, магазины, школы и др. Значки, обозначающие инфраструктурные объекты, являются интерактивными. При нажатии на них пользователь получает текстовую или аудиовизуальную справку. Дополнительная опция для просмотра объектов на данном уровне восприятия – аудиовизуальная справка, описывающая основные преимущества местоположения микрорайона. Модель на данном уровне также анимирована: доступны варианты плавного вращения, приближения к пользователю или движения по определенной траектории, охватывающей интересующий здания, для более детального их рассмотрения. Анимация синхронизируется с аудиовизуальной информацией.

С целью повышения информативности предлагается создание полупрозрачных слоев, наложенных на модель или карту с указанием таких аспектов, как уровень загрязнения, средний уровень шума или очередность строительства здания или сооружения. В качестве дополнения создается анимация этапов застройки, при которой объекты будут появляться по мере реализации предполагаемого строительства. Анимация может включать шкалу времени и поясняющую инфографику. Также на этом уровне просмотра могут присутствовать специальные значки, при указании которых пользователь переходит к фотопанораме 360 град. в высоком разрешении с заданной видовой точки, имеющей интерактивные пояснения.

Спускаясь вниз по уровням восприятия, пользователь переходит на уровень «Здание» (рис. 3); здесь перед ним предстает трехмерная модель выбранного объекта в увеличенном масштабе.



**Рис. 3.** 3D визуализация отображаемой информации на уровне «Здание»

**Fig. 3.** 3D Visualization of the displayed information at the «Building» level



Модель здания можно виртуально вращать для подробного исследования. На этом уровне допускается загружать собственные 3D-модели пользователя, прошедшие этап оптимизации для использования в виртуальной реальности. Здесь также присутствуют значки панорам, активация которых позволяет визуализировать общественные пространства и рассматривать их с углом обзора 360 град. Выделяя различные этажи здания, пользователь получает отображение их планировок в трехмерном пространстве. Предусмотрена возможность визуализации интерактивных зон этажа – холла, коридора, лестничной клетки и лифта, жилых помещений и др.

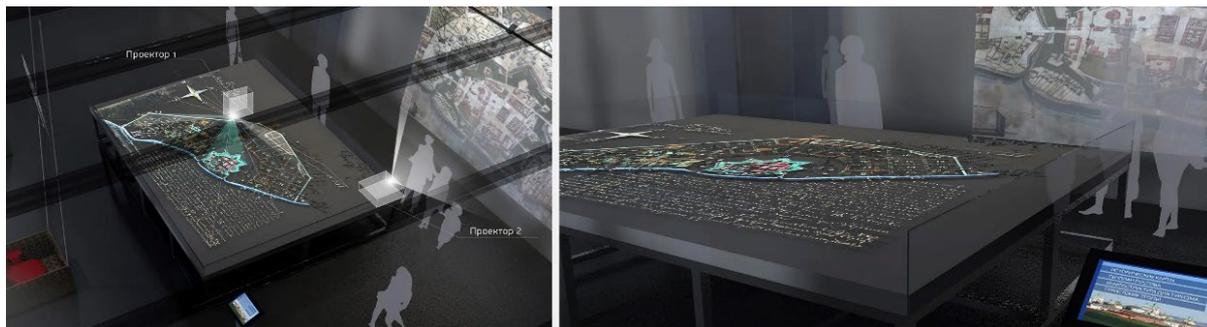
Активируя интересующее здание, осуществляем быстрый переход на уровень «Квартира». Пользователь видит трехмерную модель выбранного жилого помещения, выполненную без верхнего перекрытия и отмасштабированную для обеспечения целостного восприятия. Пользователь может не только вращать модель в виртуальном пространстве, но и «ходить», рассматривая интерьер в упрощенном представлении. Также имеется возможность интеграции внешних 3D моделей после необходимой оптимизации VR-отображения. Выбирая интересующее помещение, пользователь «переходит» в виртуальное пространство. Для создания эффекта полного погружения используется высококачественный панорамный рендеринг, который позволяет осуществлять детальный осмотр при повороте головы.

Кроме того, имеется возможность исследования виртуального пространства с поддержкой шести степеней свободы перемещения, что создает ощущение реальности. В интерьере могут размещаться интерактивные метки с поясняющими текстовыми или аудиовизуальными сообщениями. На этом уровне реализована функция анимации, имитирующая движение солнца и теней внутри помещения в течение дня. Также имитируется вид из окон – панорамное изображение экстерьера, полученное с помощью камеры (360 град.) с заданной высоты. Дополнительно реализуется механизм переключения между различными интерьерными решениями в сочетании с возможностью замены цветовых характеристик стен и мебели. Существенным аспектом описанной технологии является 3D моделирование крупных территорий или целых городов. Этот процесс подробно описан в [12].

#### *AR-VR музей на примере Ростовского кремля*

Мы рассмотрели несколько прототипов и концептуальный проект, рассчитанные на широкую, однако абстрактную аудиторию. Следующий проект имеет географическую привязку. Он создан как отдельная экспозиция для Конюшенного двора Государственного музея-заповедника Ростовского кремля [13].

В данном случае речь идет о технологии мэппинга [14], которая демонстрирует дополненные элементы реальности не на экране устройства или в VR-очках, а на реальных объектах с помощью проекции. В данном случае для проекции используется макет Ростова Великого (Россия), который размещается в экспозиционном пространстве. Размеры макета составляют 3×4 м. Используются проекторы ультракороткого фокусного расстояния, с помощью которых на макет проецируются различные видеофрагменты и изображения, посвященные истории города. Проекция учитывает элементы реального макета; соответственно, на макете подсвечиваются памятники архитектуры, отображаются исторические вехи и этапы развития города, достопримечательности и места археологических раскопок (рис. 4).



**Рис. 4.** Экспозиция в музее-заповеднике Ростовский кремль с использованием макета и технологии мэппинга. Слева – схема расположения проекторов и макета.

Справа – посетителям доступен выбор определенного сценария, отображаемого на макете информации

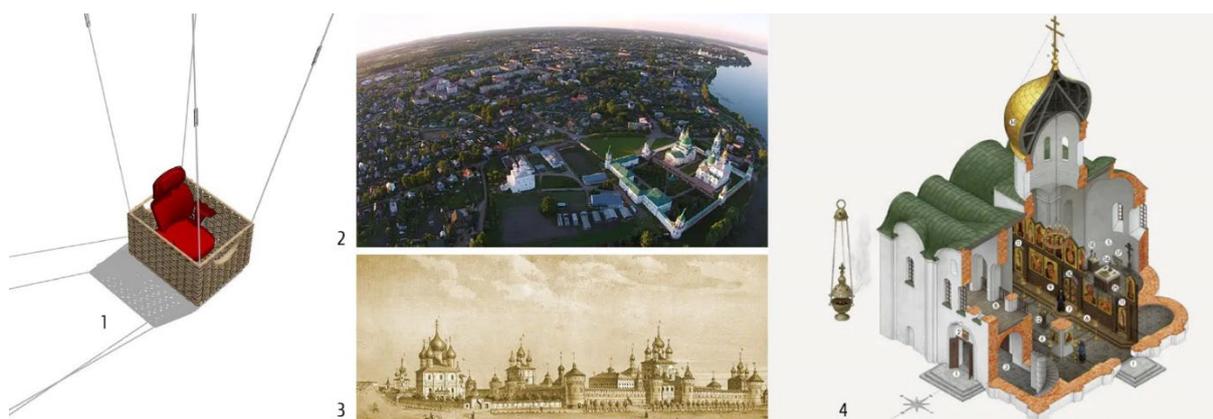
**Fig. 4.** Exposition in the Rostov Kremlin using a model and mapping technology.

On the left is a diagram of the layout of the projectors and the model.

On the right is the choice of a specific scenario for the information displayed on the model

Дополнительные материалы выносятся на стену рядом с макетом, например, здание подсвечивается, а линия выноса от него попадает на стену с изображениями и пояснительной информацией.

В этом же экспозиционном пространстве, где установлен макет, размещается симулятор виртуальной реальности [15], стилизованный под корзину воздушного шара и позволяющий более глубоко погрузиться в отображаемый контент. Используя VR-технологии, посетители могут совершить воздушное путешествие над Ростовом Великим, где выделяются памятники архитектуры, отображаемые на макете. В полете происходит «погружение в историю», когда величественный памятник архитектуры и прилегающая территория показаны такими, какими они были в разные исторические периоды [16]. Область виртуального полета включает в себя также городские окрестности, для чего создаются 3D модель города и прилегающих территорий в настоящем времени и 3D модели отдельных фрагментов города, характерных для различных эпох (рис. 5).



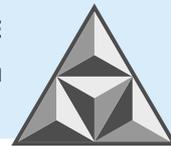
**Рис. 5.** Симулятор виртуальной реальности (1) и типы отображаемой информации:

2 – полет над городом с обзором 360 град.; 3 – воссоздание исторического облика Ростовского кремля; 4 – инфографика, показывающая детали памятника архитектуры

**Fig. 5.** Virtual reality simulator (1) and types of displayed information:

2 – flight over the city with a 360° view; 3 – recreation of the historical appearance of the Rostov Kremlin; 4 – infographics showing details of the architectural monument

Инфографика позволяет подробно изучить городские интерьеры и в отдельных случаях – модели этапов строительства зданий. Для мэппинговой проекции на макете предусмотрен режим навигации, дающий возможность пользователю ввести точки маршрута по городу,



узнать оптимальные траектории перемещения, расположение всех достопримечательностей, близких к маршруту, изучить информацию о них и получить историческую справку.

Набор сценариев для мэппинговой проекции на макете зависит от общей направленности музейной экскурсии. Обозначим некоторые доступные варианты:

- объекты и этапы реставрации в Ростове Великом и его окрестностях, указанные на ленте времени;

- места реставрационных открытий, вклад известных реставраторов в раскрытие древнего образа города;

- точки археологических экспедиций, уникальные археологические находки и открытия;

- сценарий, посвященный урагану 1953 г. в городе, с визуализацией на макете, фотографиями и информацией о реставрированных объектах;

- рассказ о месте расположения экспозиции – Конюшенном дворе с иллюстрированной лентой времени, демонстрирующей первоначальное разрушение и дальнейшее восстановление этого объекта.

На основе полученного опыта по разработке отдельной AR-VR-экспозиции также сформулирована общая концепция развития музейных пространств.

Экспозиционные пространства открыты для иммерсивной архитектуры в наибольшей степени, поскольку их функциональная задача – глубоко вовлечь посетителя в процесс изучения.

Одна из важных целей функционирования современного музея – разработка инновационных и вовлекающих методов презентации и интерпретации культурных, художественных и архитектурных ценностей, экспонатов и предметов искусства. В рамки научных концепций и программ развития музеев все чаще внедряются современные технологии. В частности, использование программ расширенной реальности (XR) способствует дальнейшему совершенствованию просветительской, образовательной и научно-исследовательской активности музея.

Предлагаемые XR-технологии могут функционировать на основе электронных баз данных, содержащих высокоточные трехмерные модели отсканированных объектов. Работа по созданию таких баз и оцифровки фонда в некоторых музеях уже проводится. Эта методика расширяет возможности изучения музейных экспонатов и коллекций, а также способствует популяризации культурного наследия и повышению доступа к экспозициям. В частности, возникает возможность ознакомления с редкими экспонатами, которые обычно скрыты от посетителей.

Кроме того, в расширенной реальности любому пользователю доступны вспомогательные элементы – виртуальные диаграммы, схемы и чертежи, наиболее полно раскрывающие концепцию выставки и экспонируемых коллекций.

Применение XR-технологий создает новые условия для развития музейного туризма и придает экскурсионному обслуживанию дополнительную ценность, поскольку виртуальный контент может адаптироваться в зависимости от уровня знаний и тематических интересов посетителей. Соответственно, одна постоянная экспозиция может включать в себя несколько «ветвей» или слоев просмотра, что способствует увеличению аудитории и повышает вероятность повторного посещения.

С другой стороны, возможность выбора типа экскурсии позволяет музею получить обратную связь – данные о количестве и составе посетителей, включая профессиональный статус и другие статистические параметры.



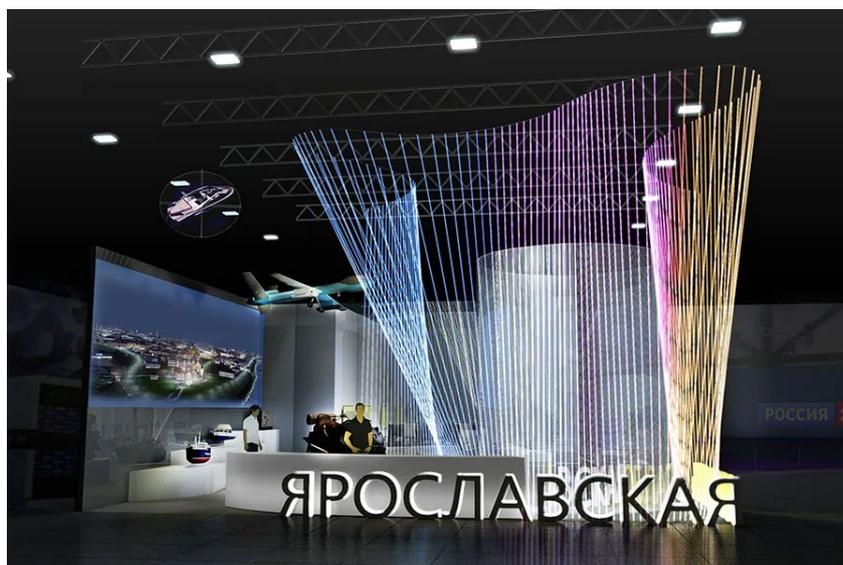
Рекреационную зону музея и пространства, не занятые под постоянные экспозиции, целесообразно дополнить тематическим или развлекательным XR-контентом, что особенно актуально для школьников в перерывах между осмотром экспонатов. Кроме того, «новая наглядность» позволит существенно повысить степень вовлечения таких пространств в различные виды деятельности; они станут пригодны для проведения научных конференций, симпозиумов, круглых столов, семинаров, временных выставок и различных социально-культурных мероприятий на высоком уровне, включая творческие мастерские и художественные студии, концерты и конкурсы. Ключевой фактор – возможность, пребывая физически в разных помещениях, виртуально находиться в единых пространствах, а при необходимости – вновь «разбиваться» на студии, секции или аудитории, которые соотносятся с реальными помещениями.

Стоит отметить еще одно преимущество использования XR-технологий – возможность демонстрации музейных предметов или зданий музеев в процессе реставрации. Сканирование предметов до реставрации, во время ее и по окончании процесса позволит наглядно продемонстрировать работу реставрационных мастерских. Кроме того, XR-технологии частично решают проблему адаптации экспозиций для восприятия людьми с нарушениями зрения.

Таким образом, применение XR-технологий в музеях, хотя и потребует на первоначальном этапе затрат на оцифровку экспонатов, в итоге повысит интерес широкой публики к музейному делу и будет способствовать переосмыслению восприятия музейных ценностей в современных условиях.

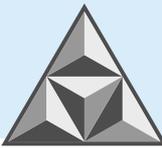
#### *Стенд для Петербургского международного экономического форума*

Ярким примером применения иммерсивных технологий для создания реального интерьера является выставочный стенд Ярославской области на Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ) [17]. Объект одновременно включает две компоненты – реальную и виртуальную. Реальная составляющая – сложная структура из гибких светодиодных RGB-трубок, функционирующая по принципу единого экрана и демонстрирующая изображения или видеофрагменты, разделенные на вертикальные полосы (рис. 6).



**Рис 6.** Стенд Ярославской области для Петербургского международного экономического форума (проект)

**Fig. 6.** Yaroslavl Region stand for the SPIEF (project)



Таким образом, пусть и в упрощенном виде, во внутреннем пространстве создается подобие иммерсивного интерьера, в котором поверхность «стены» способна постоянно изменяться и преобразовываться. Кроме того, эффект отчасти транслируется вовне, только видоизменяется не интерьер, а арт-объект загадочной формы, привлекающий посетителей других стендов и зон на ПМЭФ. Также в экспозиции присутствует обычная проекционная плоскость, на которой транслируется информативный видеоконтент.

Вторая составляющая экспозиции стенда полностью виртуальная; она представлена AR-порталами, позволяющими посетить различные города региона. Технология портала реализуется в среде дополненной реальности. Сам портал представляет собой виртуальный проем (окно или дверь), который виден на экране мобильного устройства или в VR-очках, совмещаясь с реальным изображением, получаемым камерой. Он привязывается к определенной точке реальной среды, например, стоит на полу в заданном месте. Пользователь может подойти к portalу и, в зависимости от его конфигурации, заглянуть или же войти в него. При этом он оказывается в другой точке реального или виртуального пространства, имеет возможность осмотреть его или сделать несколько шагов внутри. Обернувшись, он видит тот же портал, ведущий обратно, и, при желании, возвращается в исходный пункт. В рамках экспериментальной работы реализовался портал Ярославль-Вятское [18], причем время года в точке назначения отличалось от исходной точки. На стенде был представлен проект «Портал в регион», состоящий из нескольких AR-порталов, позволяющих посетить различные города и предприятия Ярославской области. Хотя проект стенда реализовался только частично, именно виртуальная его составляющая стала своеобразной визитной карточкой иммерсивной архитектуры, представленной на форуме.

## ВЫВОДЫ

Зафиксирован начальный этап развития нового технологического направления в архитектуре. Показанные наработки демонстрируют, что у него может быть много векторов и только будущее определит, какие из них будут широко использованы, а какие – останутся на уровне узкопрофессиональных экспериментов. Ожидается масштабирование технологии по количеству объектов и их физическим размерам. Рано или поздно мы столкнемся с целыми кварталами городов, пронизанными результатами внедрения данной технологии. В условиях широкой VR-интеграции все чаще стены домов будут становиться динамичными медиафасадами, дизайн интерьеров – легко изменяться, а население городов – смотреть на мир через очки дополненной реальности.

Тот динамизм, которого в прошлом столетии добивались авангардисты и к которому сегодня стремятся архитекторы при реализации своих статичных объектов, на новом витке цивилизации будет достигаться за счет иммерсивной архитектуры.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Трубин С.С.** Влияние цифровых технологий на развитие параметрического проектирования в архитектуре // Наука и технологии: вчера, сегодня, завтра: Сб. науч. статей. Краснодар: ИП Кабанов В.Б. (издательство «Новация»), 2024. С. 149-151.
2. **Расторгуев С.В., Петрова П.В.** Архитектура без границ // *Умные композиты в строительстве*. 2022. Т. 3, вып. 4. С. 72-98. DOI 10.52957/27821919\_2022\_4\_72
3. **Утегенов Н.Б.** Виртуальная и дополненная реальности (VR и AR) // *Universum: технические науки*. 2022. № 7-1(100). С. 23-26. <https://7universum.com.ru/tech/archive/item/14088>



4. **Мещерякова А.А.** Иммерсивная галактика от TeamLab // *Artifex*: [сайт]. URL: <https://artifex.ru/цифра/teamlab/> (дата обращения: 17.04.2025).
5. **Voinea G.D., Boboc R.G., Antonya C.** Mixed reality tools for education in the metaverse // *Education and New Development*. 2022. Т. 12. № 4. С. 249-251. <https://doi.org/10.36315/2022v2end056>
6. **Alha K., Koskinen E., Paavilainen J., Hamari J.** Why do people play location-based augmented reality games: a study on Pokémon GO // *Computers in Human Behavior*. 2019. Т. 93. С. 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.008>
7. **Гуреев К.А., Наговицын А.А.** Интеграция технологий виртуальной и дополненной реальности для проектирования строительных объектов // *Прикладные экономические исследования*. 2025. № 1. С. 123-129. DOI 10.47576/2949-1908.2025.1.1.015
8. Инновационная технология презентации для недвижимости // *XR lab*: [сайт]. URL: <https://vimedia.ru/w/blog/2022/03/05/vimedia-xr-инновационная-технология/> (дата обращения: 18.04.2025).
9. 10 онлайн-планировщиков квартиры // *vc.ru*: [сайт]. URL: <https://vc.ru/id2102337/1426850-10-online-planirovshikov-kvartiry-kak-ya-vybirala-besplatnyi-servis-dlya-planirovki> (дата обращения: 18.04.2025).
10. RoomZoom — создать интерьер онлайн // *XR lab*: [сайт]. URL: <https://vimedia.ru/w/blog/2022/04/11/roomzoom-создать-интерьер-онлайн/> (дата обращения: 18.04.2025).
11. VR-приложение для демонстрации архитектурного проекта // *XR lab*: [сайт]. URL: <https://vimedia.ru/w/blog/2023/01/26/vr-приложение-архитектура/> (дата обращения: 18.04.2025).
12. **Расторгуев С.В.** Трехмерное моделирование городов: исторические реконструкции и альтернативная реальность // *Умные композиты в строительстве*. 2024. Т. 5, вып. 3. С. 65-79. DOI 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79
13. Макет Ростова и AR-VR // *Cih.ru блог*: [сайт]. URL: <https://cih.ru/wp/bld/макет-ростова-и-ar-vr/> (дата обращения: 18.04.2025).
14. **Решетникова И.В.** 3D-mapping как способ популяризации культурного наследия в цифровом обществе // *Современная культурология: проблемы и перспективы*. Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2024. С. 40-45.
15. **Hu Y., Sun W., Liu X., Gan Q., Shi J.** Tourism demonstration system for large-scale museums based on 3D virtual simulation technology // *The Electronic Library*. 2020. Т. 38. № 2. С. 367-381. DOI 10.1108/e1-08-2019-0185
16. **Расторгуев С.В.** Методы изучения истории архитектуры на основе 3D моделирования // *Строительство и реконструкция*. 2024. № 5 (115). С. 95-111. DOI 10.33979/2073-7416-2024-115-5-95-111
17. Стенд для SPIEF // *Cih.ru блог*: [сайт]. URL: <https://cih.ru/wp/bld/стенд-для-spief/> (дата обращения: 19.04.2025).
18. Портал дополненной реальности // *Rutube*: [сайт]. URL: <https://rutube.ru/video/98f780ee3cc993d65a6b7d5b08e3aca4/> (дата обращения: 19.04.2025).

Поступила в редакцию 18.04.2025

Одобрена после рецензирования 03.05.2025

Принята к опубликованию 22.05.2025

## REFERENCES

1. **Trubin, S.S.** (2024), “Influence of digital technologies on the development of parametric design in architecture”, *Science and Technology: yesterday, today, tomorrow: Proc. sci. art. Krasnodar*: IE Kabanov V.B. (Novatsiya Publishing House), pp. 149-151 (in Russian).
2. **Rastorguev, S.V. and Petrova, P.V.** (2022), “Architecture without Borders”, *Smart Composite in Construction*, vol. 3, no. 4, pp. 72-98 [online]. DOI 10.52957/27821919\_2022\_4\_72 (in Russian).
3. **Utegenov, N.B.** (2022), “Virtual and augmented reality (VR and AR)”, *Universum: Technical Sciences*, vol. 7-1, no. 100, pp. 23-26. <https://7universum.com.ru/tech/archive/item/14088> (in Russian).
4. **Meshcheryakova, A.A.** Immersive galaxy from TeamLab, *Artifex*: [site]. Available at: <https://artifex.ru/цифра/teamlab/> (accessed 17.04.2025) (in Russian).
5. **Voinea, G.D., Boboc, R.G. and Antonya, C.** (2022), “Mixed reality tools for education in the metaverse”, *Education and New Development*, vol. 12, no. 4, pp. 249-251. <https://doi.org/10.36315/2022v2end056>



6. **Alha, K., Koskinen, E., Paavilainen, J. and Hamari, J.** (2019), "Why do people play location-based augmented reality games: a study on Pokémon GO", *Computers in Human Behavior*, vol. 93, pp. 114-122, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.008>
7. **Gureev, K.A. and Nagovitsyn, A.A.** (2025), "Integration of virtual and augmented reality technologies for design of construction projects", *Applied Economic Research*, no. 1, pp. 123-129. DOI 10.47576/2949-1908.2025.1.1.015 (in Russian).
8. Innovative presentation technology for real estate, *XR lab*: [website]. Available at: <https://vimedia.ru/w/blog/2022/03/05/vimedia-xr-инновационная-технология/> (accessed 18.04.2025) (in Russian).
9. 10 online flat planners, *vc.ru*: [site]. Available at: <https://vc.ru/id2102337/1426850-10-onlain-planirovshikov-kvartiry-kak-ya-vybirala-besplatnyi-servis-dlya-planirovki> (accessed 18.04.2025) (in Russian).
10. RoomZoom - create an interior online, *XR lab*: [website]. Available at: <https://vimedia.ru/w/blog/2022/04/11/roomzoom-создать-интерьер-онлайн/> (accessed 18.04.2025) (in Russian).
11. VR application for demonstrating an architectural project, *XR lab*: [website]. Available at: <https://vimedia.ru/w/blog/2023/01/26/vr-приложение-архитектура/> (accessed 18.04.2025) (in Russian).
12. **Rastorguev, S.V.** (2024), "3D modelling of cities: historical reconstructions and alternative reality", *Smart Composite in Construction*, vol. 5, no. 3, pp. 65-79. DOI 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79 (in Russian).
13. The Layout of Rostov and AR-VR, *Cih.ru blog*: [site]. Available at: <https://cih.ru/wp/bld/макет-ростова-и-ar-vr/> (accessed 18.04.2025) (in Russian).
14. **Reshetnikova, I.V.** (2024), "3D-mapping as a way to popularise cultural heritage in the digital society", *Modern Cultural Studies: problems and prospects*, Saratov: Publishing House 'Saratov Source'.
15. **Hu, Y., Sun, W., Liu, X., Gan, Q., and Shi, J.** (2020), "Tourism demonstration system for large-scale museums based on 3D virtual simulation technology", *The Electronic Library*, vol. 38, no. 2, pp. 367-381. DOI 10.1108/e1-08-2019-0185
16. **Rastorguev, S.V.** (2024), "Methods of studying architectural history on the basis of 3D modelling", *Construction and Reconstruction*, vol. 5, no. 115, pp. 95-111. DOI 10.33979/2073-7416-2024-115-5-95-111 (in Russian).
17. Stand for SPIEF, *Cih.ru blog*: [site]. Available at: <https://cih.ru/wp/bld/стенд-для-spief/> (accessed 19.04.2025) (in Russian).
18. Portal of augmented reality, *Rutube*: [website]. Available at: <https://rutube.ru/video/98f780ee3cc993d65a6b7d5b08e3aca4/> (accessed 19.04.2025) (in Russian).

*Received 18.04.2025*

*Approved 03.05.2025*

*Accepted 22.05.2025*