

УДК 332.33

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Алексеева Н.А.

д.э.н., профессор

ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия,

профессор кафедры промышленного и гражданского строительства

ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет им. М. Т.

Калашиникова,

г. Ижевск, Россия

Аннотация: С появлением цифровых технологий и цифровизации всех отраслей жизни наступила новая эпоха развития человечества – так называемая четвертая промышленная революция. В эту революцию включают такие инновационные технологии, как аналитика больших данных (BigData), искусственный интеллект, нанотехнологии и нейротехнологии, блокчейн, интернет вещей (IoT), облачные хранилища данных, автономный транспорт, а также виртуальная и дополненная реальность. Сейчас технологии виртуальной и дополненной реальности уже востребованы на рынке в различных сферах жизни и отраслях промышленности: в развлекательной сфере, образовании и обучении, медицине, маркетинге, дизайне, проектировании и строительстве. Актуальность данной работы определяется обоснованием применения технологии дополненной и виртуальной реальности в современных условиях инновационно-инвестиционной деятельности строительных предприятий. Определен экономический эффект от применения данных технологий при строительстве многоквартирного дома.

Ключевые слова: технологии, виртуальная реальность, дополненная реальность, эффективность, эффект, затраты, доход, строительство, здание.

THEORETICAL FOUNDATIONS AND METHODOLOGICAL FEATURES OF THE USE OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Alekseeva N.A.

Doctor of Economics, Professor

FSBEI HE Izhevsk State Agricultural Academy,

Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering

FSBEI HE Izhevsk State Technical University named after V.I. M. T. Kalashnikova,

Izhevsk, Russia

Abstract: With the advent of digital technologies and the digitalization of all from the realm of life, a new era of human development has come - the so-called fourth industrial revolution. This revolution includes such innovative technologies as BigData analytics, artificial intelligence, nanotechnology and neurotechnology, blockchain, the Internet of Things (IoT), cloud data storage, autonomous transport, as well as virtual naya and augmented reality. Now virtual and augmented reality technologies are already in demand on the market in various spheres of life and industries: in entertainment, education and training, medicine, marketing, design, design and construction. The relevance of this work is determined by the justification for the use of augmented and virtual reality technology in modern conditions of innovative and investment activities of construction enterprises. The economic effect of using these technologies in the construction of a multi-apartment building has been determined.

Keywords: technology, virtual reality, augmented reality, efficiency, effect, cost, revenue, construction, building.

Актуальность. Технологии виртуальной и дополненной реальности давно нашли свое применение в области строительства и архитектуры. Один из видов использования виртуальной реальности – совместная работа над проектами и планирование. Ошибки и недопонимание, как следствие, – корректировки сводятся к минимуму при полном представлении идеи всеми членами-участниками проекта [1].

Большие перспективы у виртуальной реальности с сфере дизайна интерьера и экстерьера зданий. Сейчас это все производится с помощью использования САД и 3D программ, но они не дают полного понимания того, как это будет в реальности. Виртуальная реальность дает возможность практически побывать в будущем помещении, посмотреть все детали и нюансы, цветовые сочетания, объ-

емно-планировочные решения, расположение и сочетание друг с другом предметов декора, материалы поверхностей и другое. Покупатель сможет выбрать материалы отделки, варианты планировки, посмотреть из окон своей будущей квартиры. Использование технологий виртуальной и дополненной реальности поможет не только ускорить принятие решения о покупке, но и наглядно обосновать цену на недвижимость. По данным Центра сертификации недвижимости Ruward виртуальные экскурсии помогают в 2 раза быстрее принять решения о приобретении недвижимости, чем традиционные способы демонстрации будущего здания (фотографии, брошюры, визуализации на компьютере и т.п.) [6, 12, 13].

Виртуальная реальность показывает хорошие результаты в обучении и повышении квалификации рабочих. По данным статистики, наиболее опасными работами в России являются работы на высоте и монтажные работы. При этом в современном строительстве почти любая работа может вестись на большой высоте. Тренажеры виртуальной симуляции рабочего процесса позволяют создать обстановку, максимально приближенную к реальной, что позволяет без рисков для здоровья корректировать движения, анализировать различные ситуации. С помощью технологий сокращаются затраты на обучение за счет использования расходных одноразовых материалов [2-5, 11].

Появляется возможность тестировать работу конструкции в виртуальном пространстве. Возможно применять виртуальные голографические макеты. Появляется возможность разбить объект на отдельные поэтажные слои, рассматривать отдельно планировку квартиры, отображать слои с коммуникациями или металлоконструкциями, рассмотреть объект снаружи – как со сторон, так и с высоты, как здание вписывается в общий вид района.

Возможность совместной удаленной работы. Возможность ускорять рабочий процесс. Возможность выявлять последовательность и проблемы установки строительных конструкций. Дополненные технологии дают возможность инженерам изучать спроектированные конструкции и тестировать их на различные

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

нагрузки, вносить доработки в конструкции. Возможность совмещать всю цифровую информацию и документацию с физическим видом меняет правила игры для бригад на месте. Например, подрядчик может использовать гарнитуру или планшет, чтобы увидеть расположение каждой скважины, указанной в плане здания и обеспечить их правильное размещение [7-10].

Методы исследования. В исследовании применен монографический метод, системный подход, экономико-математические методы.

Основная цель исследования состоит в методическом обосновании эффекта от применения дополненной реальности при проведении строительных работ, а именно, - сокращение продолжительности работ, экономический эффект.

В качестве анализа применения технологии дополненной реальности в строительном процессе необходимо осуществить управленческую задачу – смоделировать сроки производства работ до применения данной инновационной технологии и после. В качестве метода моделирования целесообразно выбрать диаграмму Ганта – набор графических гистограмм, которые фиксируют сроки, взаимосвязь и вехи реализации отдельных составляющих проекта.

Для более объективной оценки сокращения продолжительности отдельных работ используется метод PERT [6].

Формула продолжительности работы на основе метода PERT:

$$E=(O+4M+P)/6, \quad (1)$$

где: O – оптимистичная продолжительность работы; M – наиболее вероятная продолжительность работы; P – пессимистичная продолжительность работы.

Для расчета экономического эффекта от сокращения продолжительности строительства используем следующие формулы:

$$\mathcal{E} = NP \times (1 - T_2/T_1), \quad (2)$$

$$NP = Q_{\text{смп}} \times K_{\text{НР}}, \quad (3)$$

$$K_{\text{НР}} = NP/CC_{\text{ЛС}}, \quad (4)$$

где: NP – норма накладных расходов; T_2 – продолжительность строительства с применением технологии дополненной реальности; T_1 – продолжительность
Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

строительства без применения технологии дополненной реальности; $Q_{\text{смп}}$ – сметная стоимость строительно-монтажных работ; $K_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов; $НР$ – сумма накладных расходов по локальной смете на общестроительные работы; $СС_{\text{лс}}$ – сметная стоимость общестроительных работ по локальной смете.

Для отражения отношения результатов деятельности к расходам рассчитаем экономическую эффективность:

$$\text{ЭЭ} = \text{РД}/\text{З} \times 100\%, \quad (5)$$

где: РД – результат деятельности предприятия; З – затраты, использованные для получения результата.

Результаты исследования. Строительство многоквартирного дома без применения технологии дополненной реальности длится согласно диаграмме Ганта 778 дней. Применение технологии дополненной реальности значительно сокращает сроки строительства – до 731,5 дней. Разница базовой и новой продолжительности строительно-монтажных работ равна 46, 5 дням (табл. 1).

Таблица 1

Расчет новой продолжительности некоторых работ при помощи метода PERT

Название задачи	Длительность базовая, дн	Р, 100%-0%	М, 100%-15%	О, 100%-30%	Е, дн
Земляные работы	28,0	28,0	23,8	19,6	24,0
Бурение скважин диаметром 300 мм роторным способом	14,5	14,5	12,3	10,2	12,5
Монтаж и демонтаж металлической опалубки	5,5	5,5	4,7	3,9	4,5
Устройство наружной сети теплоснабжения	1,5	1,5	1,3	1,1	1,5
Устройство наружной водопроводной сети диаметр труб 100 мм	1,5	1,5	1,3	1,1	1,5
Устройство наружной канализационной сети диаметр труб 300	3,0	3,0	2,6	2,1	2,5
Установка лестничных маршей	34,0	34,0	28,9	23,8	29,0

Установка объемных блоков лифтовых шахт	46,0	46,0	39,1	32,2	39,0
Установка вентиляционных блоков	54,0	54,0	45,9	37,8	46,0
Кладка стен из кирпича	18,0	18,0	15,3	12,6	15,5
Кладка стен из газобетонных блоков	88,0	88,0	74,8	61,6	75,0
Устройство перегородок	100,0	100,0	85,0	70,0	85,0
Укладка перемычек	40,0	40,0	34,0	28,0	34,0
Облицовка керамическими плитками	20,0	20,0	17,0	14,0	17,0
Устройство вентилируемых фасадов с теплоизолирующим слоем	124,0	124,0	105,4	86,8	105,5
Устройство полов из керамических плиток	76,0	76,0	64,6	53,2	64,5
Устройство керамогранитных полов	72,0	72,0	61,2	50,4	61,0
Устройство полов из линолеума	104,0	104,0	88,4	72,8	88,5
Окраска водоземulsionными составами	30,0	30,0	25,5	21,0	25,5
Устройство подвесных потолков	16,0	16,0	13,6	11,2	13,5
Оклейка стен обоями	52,0	52,0	44,2	36,4	44,0
Прокладка труб металлических для электроосвещения	98,0	98,0	83,3	68,6	83,5
Прокладка кабеля	104,0	104,0	88,4	72,8	88,5
Монтаж электроустановочных изделий	60,0	60,0	51,0	42,0	51,0
Монтаж электроконструкций	4,0	4,0	3,4	2,8	3,5

Рассчитаем экономический эффект, учитывая индексы изменения сметной стоимости на 1 квартал 2022 года.

Коэффициент, учитывающий накладные расходы:

$$K_{НР} = 126\,598\,350,8 / 600\,233\,901 = 0,21. \quad (6)$$

Норма накладных расходов:

$$НР = (822\,477\,470 / 6,29 \times 14,9) \times 0,21 = 409\,146\,583 \text{ руб.} \quad (7)$$

где: 6,29 – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ на 4 квартал 2016 года; 14,9 – индекс изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ на 1 квартал 2022 года.

Отсюда экономический эффект:

$$\text{Э} = 409\,146\,583 \times (1 - 731,5/778) = 24\,454\,134 \text{ руб.} \quad (8)$$

На основе расчетных затрат и экономического эффекта от сокращения сроков строительства вычислим экономическую эффективность применения технологии дополненной реальности в строительных работах:

$$\text{ЭЭ} = 24\,454\,134 / (3\,638\,125 + 14\,901\,760 + 1\,007\,500) \times 100\% = 125,1\% \quad (9)$$

Таким образом, экономический эффект от сокращения строительства с помощью внедрения технологии дополненной реальности в строительные работы составил 24 454 134 рублей. Экономическая эффективность составила 125,1%, что говорит о довольно хорошем экономическом отношении эффекта, полученного от применения технологии дополненной реальности в процессе строительства к затратам на ее внедрение.

Выводы и предложения. Помимо явной выгоды использования технологии дополненной реальности, которая выражается в сокращении строительных работ, стоит также сказать о других эффектах, которые возможно определить в количественном отношении только после применения на практике:

- снижение количества ошибок – от 30% до 80% (оценочное суждение, основанное на анализе реальных примеров использования дополненной реальности в промышленности.) Процент снижения количества ошибок напрямую зависит от уровня квалификации рабочих, а также от сложности работ;

- получение более качественного продукта ввиду более эффективного обучения рабочих и понимания рабочих процессов.

Библиографический список:

1. Алейник, Н. Индустриальный AR: как корпорации используют дополненную реальность. – URL: <https://rb.ru/longread/industrial-AR/> (дата обращения 04.05.2022).
2. Алексеева, Н. А. Определение лимитированных затрат в строительстве / Н. А. Алексеева // Экономика и управление: тенденции и перспективы: материалы III Межвузовской ежегодной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург, 2022. - С. 3-7.
3. Алексеева, Н. А. Прогрессивное сметное нормирование в жилищном строительстве: миф или реальность / Н. А. Алексеева // Фотинские чтения – 2021 (осеннее собрание): сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, приуроченной к 70-летию ИМИ - ИжГТУ. - Ижевск, 2022. - С. 5-8.
4. Алексеева, Н. А. Управление затратами в модульном строительстве / Н. А. Алексеева // Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: материалы V международной научно-практической конференции. В 2-х частях. - Ростов-на-Дону, 2022. - С. 278-279.
5. Алексеева, Н. А. Использование методов определения стоимости строительства в составе предпроектных проработок / Н. А. Алексеева, Д. А. Сапожников // Вектор экономики. - 2022. - № 1 (67).
6. Артеменко, А. А. Актуальные вопросы инновационного развития строительства / А. А. Артеменко // Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 742-744.
7. Грахов, В. П. Развитие системы контроля за ходом строительно-монтажных работ на основе комплексного применения программных продуктов PRIMAVERA P6 PROFESSIONAL R8.3.2 И ARCHICAD 17.0.0 / В. П. Грахов, Ю. Г. Кислякова, У. Ф. Симакова, Д. А. Мушаков // Наука и техника. – 2017. – № 6 (16)
8. Грахов, В. П. Управление производственно-экономическим потенциалом строительных организаций региона: монография / В. П. Грахов, Н. Л.Тарануха. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2011. – 120 с.
9. Грахов, В. П. Внедрение новых цифровых технологий на стадии эксплуатации объекта недвижимости / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, Ю. Г. Кислякова, У. Ф. Симакова // Материалы форума «Перспективы евразийской экономической интеграции», посвященного 10-летию Евразийской экономической комиссии в рамках 18-го Международного научного семинара «Мировая экономика и бизнес-администрирование». Материалы XX Международной научно-технической конференции. - Минск, 2022. - С. 247-250.
10. Грахов, В. П. Актуальность цифрового строительства зданий в промышленности / В. П. Грахов, Ю. Г. Кислякова, С. А. Мохначев, Н. К. Симаков // Россия и мир: развитие цивилизаций. Инновации и консерватизм: поиск баланса: материалы XII международной научно-практической конференции. - Москва, 2022. - С. 88-91.
11. Каменев, Д. А. Тенденции и перспектива применения ресурсосберегающих технологий в строительстве // Д. А. Каменев, Н. А. Алексеева // Вектор экономики. - 2022. - № 2 (68).
12. Кузнеченков, Е. О. Дополненная реальность как новый уровень качества работ в строительной сфере / Е. О. Кузнеченков, Е. А. Новикова // Международный журнал «Синергия наук». – 2019. – №31. – С. 608–614.
13. Симченко, О. Л. / Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительстве / О. Л. Симченко, А. С. Сунцов, Е. Л. Чазов, А. А. Куделина, Е. Н. Малышева // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития. – 2020. – С. 91–99.

Оригинальность 96%