

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-30-38

Скорынина А.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: kafeun@mail.ru

ВИРТУАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ АНАЛИЗ В СТРОИТЕЛЬНОМ ЦЕНООБРАЗОВАНИИ

Аннотация. Работа содержит научно-теоретические и практические положения метода виртуального ресурсного анализа, предлагаемого для использования в существующей и перспективной системах строительного ценообразования и нормирования. Виртуальные ресурсы строительно-монтажной работы (процесса), реализованные и анализируемые в создаваемых для этого сценах специального программного обеспечения, используются в процессе многократных статистически обоснованных репетиций, имитирующих производство натурной работы в условиях максимального цифрового воспроизводства условий и прототипирования типовых рисков ситуаций ее осуществления. Ресурсоемкость строительной работы оценивается на основании анализа качества и показателей эффективности действий пользователя виртуального процессора, имитирующего выполнение работы, декомпозированной на элементарные технологические процессы, оснащенные виртуальным инструментарием, обеспеченные цифровой реализацией реакции на действия пользователя внешней среды, снабженные механизмами количественной оценки пользовательской метрики. События, реализуемые в виртуальном процессоре, рассматриваются в определенной технологической последовательности, обеспечивающей мониторинг ресурсной потребности в предложенном обобщенном факторном пространстве, обеспечивающем статистически обоснованное альтернативное сметное нормирование и рациональное управление жизненным циклом объекта строительства. В работе предложены научно-методические основы организации и проведения виртуального ресурсного анализа для оценки ресурсоемкости в строительном ценообразовании, на практическом примере показана его количественная эффективность.

Ключевые слова: управление жизненным циклом объекта строительства, ценообразование в строительстве, виртуальная реальность, информационное моделирование, организационные и технологические риски.

Введение. Информационное моделирование зданий (ТИМ) давно и заслуженно оцениваемое мировым строительным сообществом как инструмент эффективного ресурсосбережения и технологической прозрачности строительства, находится в состоянии постоянного инструментального совершенствования. ТИМ, в целом, реализуемые в виде пространственных моделей (цифровых двойников) объектов капитального строительства, насыщенных информацией, востребованной в управлении объектом, опираются на парадигму динамизма информационной модели, ее постоянного развития и совершенствования, информационного и элементного наполнения по мере реализации этапов жизненного цикла объекта [1]. Технологии представления проектной информации исполнителю все более информатизируются и виртуализируются, реализуясь на практике широчайшим аппаратно-программным обеспечением от информирующих мониторов до интерактивных устройств виртуальной и дополненной реальности. Проектно-сметная и организационно-технологическая документация в строительстве в ее привычном понимании все более уступает место цифровому формату представления, реализуемому не в целом по объекту,

а на заданном уровне детализации для ограниченного набора элементов информационной модели, работа над реализацией которых составляет текущее производственное задание [2, 3].

Несмотря на очевидную эффективность формализации и цифровой унификации большинства проектных операций в составе ТИМ не востребовавшийся потенциал роста эффективности наблюдается в информатизации организационного и сметного разделов проектного производства, включающих сведения о составе и структуре ресурсов, задействованных при натурной реализации объекта капитального строительства и аналитическую работу с ними [4]. При этом, если процессы рационального распределения и мониторинга ресурсов, отражаемые инструментами цифрового календарного, сетевого планирования и сметного ценообразования находят все большую цифровую реализацию в ряде современного и отечественного отраслевого ПО, то инструментам виртуального прототипирования и производственной имитации все еще не уделяется должного внимания ни застройщиками, ни следующими за ними проектировщиками и вендорами. В наибольшей степени это касается перманентно актуальных вопросов гармо-

низации расчетных ресурсоемкостей альтернативно технологически обеспечиваемых строительных процессов и актуализации элементных сметных норм в условиях развивающегося производственного оснащения и технологического совершенствования строительства.

Практически востребованные и статистически обоснованные инструменты ресурсного анализа технологических процессов в строительстве базируются на качественной идентификации и количественном учете производственных и технологических рисков, сопутствующих произвольно ресурсоемкому процессу. Традиционно дискуссионным является как сам процесс и инструменты учета риска и неопределенности прогнозируемой ресурсоемкости, так и многочисленные факторы актуального рискованного окружения любого технологического процесса, обуславливающую искаженное количественное восприятие рискованных обстоятельств информационной системой, недостаточную достоверность получаемых диагностических сведений и рекомендаций по управлению рисками. Эти обстоятельства делают неизбежным развитие инструментов информационного моделирования в оценке ресурсоемкости строительства в направлении роста качества и автоматизации работы с производственными рисками [5].

Оценка трудоемкости и стоимости выполнения строительно-монтажных работ основана на использовании сметных норм – ресурсоемкости выполнения единицы объема, заранее определенной для широкой номенклатуры работ в выбранном варианте их исполнения. Единичные сметные нормы умножаются на объемы работ, определенных для оцениваемого строительного объекта, и корректируются системой индексов удорожания и факторов производства работ. Универсальные сметные нормы, оправданные для построения федеральной системы сметного нормирования, содержат ряд существенных недостатков, снижающих или нивелирующих эффективность их использования. Сюда можно отнести и недостаточную информационную содержательность нормы, допускающую множественность трактовок ее технологических и ресурсных положений, а также перманентное устаревание материально-технической базы выполнения строительной нормы, отдаляющее ее от современного уровня строительного производства, что является причиной значительного расхождения нормативной и фактической стоимости строительства, преодолеваемой участниками строительного проекта внесистемными и неформальными инструментами [6]. Современное строительное и

проектное производство строится на значительном текущем и все более растущем перспективном использовании аппаратно-программных технологий производственного контроля и аналитики, в частности предиктивной, базой чего не может быть определенная с невысокой достоверностью проектная ресурсоемкость строительства. Кроме того, сметное нормирование остается последней отраслью проектного производства в строительстве, которая все еще реализуется в аналоговых, сравнительных, прецедентных технологиях калькуляции, что не вполне соответствует общему направлению цифровизации жизненного цикла здания, взятому мировой строительной индустрией базовой парадигмой развития.

Методика, оборудование. Актуальные задачи строительного ценообразования – повышение достоверности сметной оценки, корректировки единичных расценок на реально складывающиеся способы и условия производства работ, учет реальной трудоемкости и времени выполнения фактически производимых технологических процессов могут быть решаемы в инструментальной среде виртуальной реальности. Виртуальная реальность, являясь средой, обеспечивающей максимальную интерактивность и иммерсивность имитируемых процессов производственного взаимодействия исполнителей и ресурсов, и доступная сейчас для оперативного развертывания в условиях любого строительного и проектного производства позволяет сформировать и наладить действенный и эффективный механизм достоверной актуализации элементных сметных норм произвольного состава и номенклатуры статей затрат, реализуемый как процесс релевантной реальным условиям производства имитации ресурсоемкого технологического процесса со снятием статистически надежной метрики среды реализации процесса и его акторов, полагаемой в основу технологии виртуального ресурсного анализа (ВРА) строительных процессов [7]. ВРА реализованные в формате интерактивных виртуальных сцен для имитационных репетиций производимых на практике строительных работ, с ограничениями и инструментальным оснащением, протипированными в информационной модели и позволяющими детально имитировать порядок производства технологических процессов работы полагаются автором в основу создания и актуализации элементных сметных норм нового цифрового поколения [8]. Создание виртуальных сцен для таких производственных репетиций может быть осуществлено в отечественном программном комплексе VR Concept [9] (рис. 1).

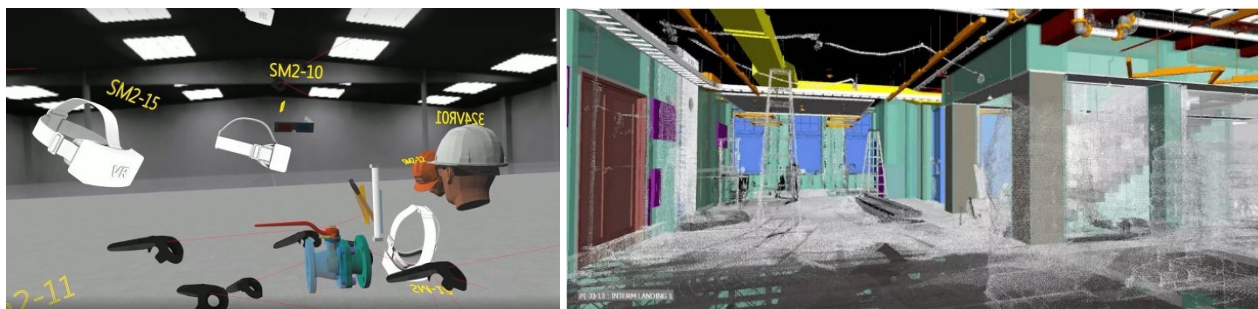


Рис. 1. Возможности виртуальной среды VR Concept:

произвольные артефакты и их свойства, имитация физического взаимодействия артефактов и аватара, командная работа аватаров, программирование, запись и реализация динамических сценариев, имитация геометрических и физических ограничений, подоснова из облака точек

Созданные виртуальные строительно-монтажные репетиционные сцены могут использоваться для ресурсного анализа только при наличии обратной связи в виде количественной метрики действий и состояния аватара сцены. Траектория движения ключевых точек аватара, востребованность и режим использования имитирующих инструмент артефактов, управление реакций и событиями, генерируемыми виртуальной средой (сложность производства, укладки, сборки, фиксации, потребность в индивидуальной защите, подмащивании, провоцирование подготовительных и сопроводительных действия и проч.), варьируемые показатели производительности исполнителя (утомляемость, ритмичность, внимательность, коллегиальность, изменения восприятия окружающей среды) являются количественной базой для диагностирования и вероятностной оценки актуальной ресурсоэффективности работы в ВРА.

Для оценки фактической ресурсоемкости виртуально выполняемой работы предлагается собирать и накапливать следующую информацию:

- данные о движении характерных точек участника виртуального процесса в пространстве (траектория, скорость, ритм, устойчивость движений);
- данные о задействовании, перемещении, общем времени и режиме использования артефактов;
- данные о количестве и обстоятельствах возникновения геометрических (повторения, возвраты, время выбора действий) и физических (столкновения, потери ресурсов) коллизий при репетиции работы;
- сведения о размерах, положении и структуре пространства выполнения индивидуальной и командной работы.

Анализ этой информации, возможный и в режиме реального времени, позволит количественно оценить возникающие в виртуальном пространстве и эквивалентные фактическим в

натурной строительной ситуации:

- затраты времени работы исполнителей, потребность и график задействования оборудования;
- рациональность расположения, хранения и использования оборудования;
- эргономичность и ритмичность осуществления производственных операций;
- ментальную и физическую утомляемость исполнителей, рациональную малую механизацию труда и оснастку рабочего;
- рациональность командного взаимодействия, технологии групповой работы, расстановки исполнителей и сценария их взаимодействия;
- повторяемость качества результата, фактических потерь времени и ресурсов;
- влияние возможных осложнений, рисков, нестандартных производственных ситуаций на результат работы, ресурсоемкость и рациональность мер по обеспечению реальной безопасности труда и сбережению ресурсов.

Основная часть. Организация рациональных и эффективных строительных процессов сопряжена с идентификацией, учетом и управлением их организационными и технологическими рисками. Сопутствующая учету и аналитическому обороту рисков терминология, представленная в ряде отечественных и зарубежных норм [10, 11], определяет риск как «комбинацию последствий и их вероятности». Н.А. Рыхтикова рассматривает риск с позиций общетраслевой направленности явления, определяя его как «объективно существующую вероятность наступления неблагоприятных обстоятельств в процессе осуществления ... деятельности организации, вызванная воздействием факторов внешней и внутренней среды» [11]. На дуализм риска как категории, в равной степени значимо требующей анализа позитивного и негативного воздействия, указывал П.Г. Грабовый [12]. В этой связи идентифицируемые и управляемые риски рассматриваются как система факторов ситуационной

среды, препятствующих реализации плановых показателей производства на заданном уровне ресурсного обеспечения [13].

Цифровизация рисков при виртуальной прототипизации строительных процессов рациональна в следующем обобщенном факторном пространстве [14], описываемом совокупностью общепромышленных обстоятельств, текущих технологических несовершенств и индивидуальных отраслевых особенностей строительного предприятия как потенциального пользователя ВРА:

– кадровые факторы, связанные с отклонениями в распределении и рациональном использовании временных ресурсов исполнителя, а также внутрисменные потери рабочего времени;

– организационно-технологические факторы, описывающие отклонения ресурсообеспеченности, организации рабочего места, препятствия производству работ со стороны внешней и производственной сред, вмещающих процесс;

– материальные факторы, включающие в себя нерационально используемые материальные ресурсы вследствие брака, перерасхода, несовершенства технологии производства и т.п.;

– внешние факторы внутрипроизводственного взаимодействия – недостатки проектного и сметного представления производственной ресурсоемкости, логистических и транспортных связей, принятой схемы материального обеспечения строительного производства и т.п.

Оценку общей ресурсоемкости имитируемого в ВРА процесса рационально осуществлять линейной сверткой показателей метрики аватара:

$$P = \sum K_i G_i, \quad (1)$$

где K_i – количественные показатели метрики выполнения; G_i – удельные веса показателей.

Показатели метрики аватара, используемые для оценки общей ресурсоемкости проекта, количественно характеризуют эффективность (производительность) действий, выполняемых в процессе репетиций имитируемой работы. Так, автором [7] предложены четыре основных показателя, обобщенно оценивающих процесс и результаты репетиций, в сравнении с геометрически или экспертно-назначаемыми идеализированными действиями, характеризующими выполнение исследуемой работы на установленном эталонном уровне виртуальной производительности и мастерства. Показатель K_1 выражает результативность репетиции работы как успешность выполнения всех ее процессов, заключающихся в технологически и организационно рациональном получении продукта надлежащего качества. Показатель K_2 оценивает затраты времени, понесенные исполнителем работы в сравнении с минимально (рационально) назначенными на этапах исполнения работ, что позволит проанализировать физическую кондицию исполнителя и реакцию внешней среды. Показатель K_3 характеризует качество движений аватара, совершенных в виртуальном пространстве, выражаемое в стабильности назначенной идеализированной траектории движений его ключевых узлов аватара, что позволяет оценить и оптимизировать эргономичность и организацию рабочего места. Показатель K_4 оценивает действия текущего исполнителя в черед репетиций или коллективных имитаций по установленным параметрам выборки исполнителей, что обеспечивает статистическую обоснованность возвращаемых ВРА оценок. В развитии метода допускается использовать неограниченное число иных количественных показателей метрики выполнения, обеспеченных достигаемым исследователем качеством виртуальной имитации процесса и среды его производства.

Таблица 1

Факторное пространство реализации виртуальной модели СМР в ВРА

Поле факторного пространства	Характеристика поля факторного пространства
Поле i процессов (P_i)	Технологические события, реализующие процессы, входящие в состав СМР, связывающие результаты СМР (связи ВТП) $i=1 \dots m$
Поле k результатов (A_k)	Технологические результаты, достигаемые при реализации технологических процессов, выражающиеся в степени проектной готовности строительной продукции (узлы ВТП) $k=1 \dots n$
Поле j ресурсов (R_j)	Ресурсы (виртуальные прототипы), затрачиваемые на выполнение технологических процессов для достижения заданных технологических результатов ($j=1 \dots p$)

Эффективным подходом к имитационной реализации произвольно сложного

технологического процесса, обеспеченного конечным числом ресурсных компонент, можно

считать факторной пространственный анализ [14]. По аналогии с предложенным подходом события (в количестве i), входящие в процессный пул виртуализируемой СМР реализуются в ВРА в определенной технологической последовательности, обеспечивающей мониторинг ресурсной потребности (по m видам ресурсов) в аспекте ряда диагностируемых показателей в обобщенном факторном пространстве (табл. 1).

Элементы результатного поля имеют строго регламентируемую конфигурацию, определяющую установленный нормативный уровень требований к безопасности и качеству строительной продукции. Элементы процессного поля могут быть представлены альтернативными строительными технологиями. Общее требование к альтернативному допуску –

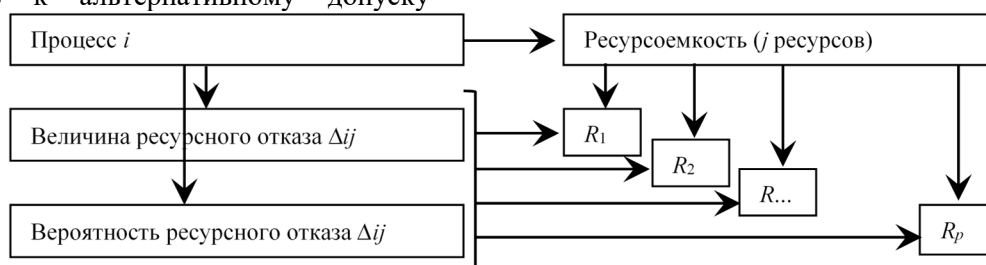


Рис. 2. Организационная схема формализованного ВРА

Установленные (оцененные) Δ_{ij} и F_{ij} компонентов ресурсного поля факторного пространства служат объектом управления, обеспечивающим рациональный синтез управленческих (технологических) решений по реализации проектов производства/воспроизводства строительной продукции или ее элементов (отдельных строительных конструкций, элементов зданий и сооружений) на всех стадиях жизненного цикла

$$\begin{cases} \gamma_i \sum_{i=1 \dots m} \gamma_j \sum_{j=1 \dots n} \Delta_{ij} F_{ij} = \min; \\ \sum_{i=1 \dots m} \gamma_i = 1; \\ \sum_{j=1 \dots n} \gamma_j = 1 \end{cases} \quad (1)$$

где γ_i, γ_j — удельные веса (степени значимости при принятии управленческих решений), устанавливаемые для входящих в достигающий результата A_k технологических процессов и затрачиваемых на реализацию процессов ресурсов (соответственно).

Примером пилотной реализации ВРА может служить проведенная автором в виртуальной сцене ПК

VR Concept серия репетиций работ по устройству каменной кладки стеновой строительной конструкции из гиперпрессованных элементов с заполнением объема теплоэффективным бетоном. Гиперпрессованные элементы представляют собой высокопрочные кладочные изделия рамочного формата размерами с современный кирпич, предлагаемые производителем для комбинирования с традиционной кирпичной

установленный уровень безопасности и качества строительного производства, достижение которого регулируется технологическими картами альтернативных процессов. Элементы ресурсного поля обладают переменным характером, мониторинг расчетного значения и волатильности которых представляет собой решаемую в ВРА техническую задачу аудитора (разработчика) элементной сметной нормы. Оценка волатильности элемента ресурсного поля j сводится к диагностике величины его ресурсного отказа (объемного превышения) (Δ_{ij}) и вероятности ресурсного отказа (F_{ij}) в процессе i , определяемых на выборке реализованных СМР, репрезентативной по составу акторов и вариации виртуальных прототипов ресурсного окружения (наполнения) ВРА, рис. 2.

объекта строительства от проектной до демонтажа. Рационализация набора управленческих (технологических) решений сводится к решению оптимизационной задачи — выбору для безусловного достижения минимально требуемого результата A_k набора допустимых технологических процессов, совокупная волатильность которых для элементов процессного поля P_i будет минимальна (1):

кладкой [15]. Рекомендованная производителем технология кладки обязывает следовать определенному порядку установки камней в ряду, осуществлять их последовательную перевязку штатными пластиковыми связями и стальными скобами, что, с одной стороны, требует большего, чем традиционная кладка количества операций, но значительно меньше нуждается в операциях

по контролю качества кладки и не требует растворных швов. Эти технологические особенности производства сильно отличают кладку от традиционной и не позволяют применять расценку и технологии устройства обычных кладок для проектирования сметной и технологической доку-

ментации для кладки из ГПЭ. Возникшая правовая коллизия – технология выпущена на рынок, но не поддерживается действующей системой прямых расценок и нормативных трудоемкостей, решается на практике использованием применительной расценки и произвольной небезопасной организацией рабочего места каменщика.



Рис. 3. Элементы технологии и пользовательского интерфейса ВРА, используемого при оценке ресурсоемкости ресурсоемкости и качества кладки из ГПЭ

Проведенные в сцене репетиции (рис. 3) позволили установить следующие обстоятельства актуализированной ресурсоемкости производства каменной кладки стеновой строительной конструкции из ГПЭ и их оптимальные параметры:

- трудоемкость кубометра рядовой кладки стены общей толщиной 480 мм нормативного для г. Белгорода теплосопротивления составляет 2,5 чел.-ч., тогда как для традиционной кладки 3,6 чел.-ч., что позволяет сформировать для предприятия собственную элементную сметную норму;

- оценочная себестоимость устройства кладки ГПЭ составляет 5300 руб/м³, тогда как себестоимость кладки по применительным расценкам 4200 руб/м³, что позволяет обосновать ценовое предложение конкретного производителя работ;

- типовая технологическая карта на производство кладки содержит 12 неприменимых и нерациональных положений для использования в этой работе по аналогии, что делает необходимой разработку новой технологической карты в рамках стандарта организации-производителя;

- выявлено 7 потенциально возникающих коллизий с совокупными статистически усредненными потерями по затратам труда в 15 % и по ресурсам в 4 %, при обеспеченном на 95 % качестве кладки по 5 основным контролируемым показателям.

Выводы.

Технология ВРА, реализуемого для имитационной оценки ресурсоемкости строительных работ и процессов в виртуальных сценах специального программного обеспечения, позволяет оценить фактические трудовые и временные затраты, рациональность организации рабочего

пространства, эргономичность и ритмичность работы, командное взаимодействие исполнителей работ, стабильность качества производимой работы, устойчивость и чувствительность к внешним рискам, организацию ресурсосбережения и безопасности труда. Репетиции работы, осуществляемые в виртуальных сценах с минимальными по отношению к натурным повторениям ресурсозатратами и стоимостью, определяют степень статистической обеспеченности оценки результатов, позволяют оценить качество цифрового воспроизводства рабочей среды и рациональные технологии прототипирования типовых рискованных ситуаций осуществления работы. Сметное нормирование, инструментально обогащенное ВРА, получит существенный потенциал роста качества и достоверности сметной и проектной документации, обеспечивая полную перспективную цифровизацию жизненного цикла объекта строительства.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках проекта Оф-15/23 «Проектные формы образовательной деятельности» программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2021-2030 гг. «Приоритет 2030».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «ДМК пресс. Электронные книги», 2015. 410 с.
2. Кучеренко А.С., Наумов А.Е. Параметрическое информационное моделирование как эффективный инструмент проектирования полносборных модульных зданий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2023. № 4(162). С. 50–57.

3. Наумов А.Е., Кучеренко А.С., Бобровников Е.А., Корольская А.И. Параметрические библиотечные элементы как эффективное средство совершенствования технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 2. С. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-20-28.

4. Федосов С.В., Опарина Л.А., Федосеев В.Н. Цифровой проект организации строительства: понятие, современные требования, программное обеспечение // Academia. Архитектура и строительство. 2024. № 2. С. 143–149. DOI: 10.22337/2077-9038-2024-2-143-149.

5. Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141–145.

6. О расхождении состава и объема работ в проектной документации и входящей в ее состав смете / Межрегиональная общественная организация по содействию развитию строительной отрасли «Союз инженеров-сметчиков», 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561163306> (дата обращения: 15.01.2025)

7. Наумов А.Е., Долженко А.В. Дидактическая эффективность виртуализации образовательных процессов в строительном проектировании / Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2023. 97 с.

8. Скорынина А.А. Информационное моделирование строительных конструкций для актуализации ресурсоемкости технологических процессов // Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения): Сборник докладов Международной научно-практической конференции,

Белгород, 23 ноября 2023 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 414–418.

9. VR Concept. [Электронный ресурс]. URL: <https://vrconcept.net/?ysclid=ltbom45taw826917970> (дата обращения: 15.01.2025)

10. ГОСТ Р 51897-2021 Менеджмент риска. Термины и определения: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 ноября 2021 г. № 1489-ст: дата введения 2022-03-01. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181662> (дата обращения: 15.01.2025)

11. Рыхтикова Н.А. Анализ и управление рисками организации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 38.03.01 Экономика, 38.03.02 Менеджмент (квалификация (степень) бакалавр). 3-е изд. Москва: Инфра-М, 2018. 247 с.

12. Риски в современном бизнесе: методология и практика; под ред. П.Г. Грабового; Нац. исслед. ун-т, Московский гос. строительный ун-т. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Просветитель, 2017. 285 с.

13. Avilova I.P., Naumov A.E., Shchenyatskaya M.A. Improving the economic efficiency of construction investments by means of technological risks management // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016. Vol. 8(S2). Pp. 1502–1518.

14. Suvorova M.O., Naumov A.E. Scientific and theoretical approaches to complex assessment of building life cycle from a low-carbon development perspective // Real Estate: Economics, Management. 2023. Vol. 1. Pp. 6–10.

15. Заборы из гиперпресованного кирпича / Материалы выставки «Малоэтажная Страна». [Электронный ресурс]. URL: <https://m-strana.ru/articles/zabory-iz-giperpressovannogo-kirpicha-sst/> (дата обращения: 15.01.2025)

Информация об авторах

Скорынина Анна Александровна, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью. E-mail: kafeyun@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 05.03.2025 г.

© Скорынина А.А., 2025

Scorynina A.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: kafeun@yandex.ru

VIRTUAL ANALYSIS IN CONSTRUCTION PRICING

Abstract. The paper discusses scientific, theoretical and practical issues of the virtual resource analysis method proposed for use in the existing and prospective systems of construction pricing and standardization. Virtual resources of construction and installation work (process), implemented and analyzed in scenes of special software created for this purpose, are used in the process of multiple statistically substantiated rehearsals simulating the production of full-scale work under conditions of maximum digital reproduction of conditions, tools and prototyping of typical risk situations of its implementation. An updated assessment of resource costs for the production of works is carried out by automated collection and assessment of the user dynamic metrics of the performer and timing of the main processes of the assessed construction work, consisting of the analysis of the trajectories of the basic movements of the key nodes of the performer's avatar and timing of the main processes of the decomposed complex task, carried out during the execution of virtual operations, taking into account the estimated reaction of the environment and the predicted variations in the performer's productivity. Events implemented in the virtual processor are considered in a certain technological sequence, ensuring monitoring of resource demand in the proposed generalized factor space, ensuring statistically substantiated alternative cost estimate standardization and rational management of the life cycle of the construction object. The paper presents methodological aspects of the organization and production of virtual resource analysis, and its quantitative efficiency is shown in a practical example.

Keywords: construction project life cycle management, construction pricing, virtual reality, information modeling, organizational and technological risks.

REFERENCES

1. Talapov V.V. BIM technology. The essence and features of the implementation of building information modeling [Texnologiya BIM. Sut' i osobennosti vnedreniya informacionnogo modelirovaniya zdaniy]. Publishing House "DMK press", Moscow, 2015. 410 p. (rus)
2. Kucherenko A.S., Naumov A.E. Parametric Information Modeling as an Effective Tool for the Design of Prefabricated Modular Buildings [Parametricheskoe informacionnoe modelirovanie kak effektivnyj instrument proektirovaniya polnosborny'x modul'ny'x zdaniy]. Bulletin of DNACA. 2023. Vol. 4(162). Pp. 50–57. (rus)
3. Naumov A.E., Kucherenko A.S., Bobrovnikov E.A., Korolskaya A.I. Parametric library elements as an effective means of improving information modeling technologies in construction [Parametricheskie bibliotekny'e elementy kak effektivnoe sredstvo sovershenstvovaniya texnologij informacionnogo modelirovaniya v stroitel'stve]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. Vol.2. Pp. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-20-28. (rus)
4. Fedosov S.V., Oparina L.A., Fedoseev V.N. Digital project of construction organization: concept, definition, modern requirements, software [Digital construction organization project: concept, modern requirements, software]. Academia. Architecture and construction. 2024. Vol.2. Pp. 143–149. DOI 10.22337/2077-9038-2024-2-143-149. (rus)
5. Avilova I.P., Shchenyatskaya M.A. Management of effectiveness of investment and construction projects through the quality of property [Upravlenie effektivnost'yu investicionno-stroitel'nyh proektov cherez kachestvennoe sostoyanie nedvizhimosti]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2015. Vol. 4. Pp. 141–145. (rus)
6. On the discrepancy between the composition and scope of work in the project documentation and the estimate included in it [O rasxozhdenii sostava i ob'ema rabot v proektnoj dokumentacii i vxodyashhej v ee sostav smete]. Interregional public organization to promote the development of the construction industry "Union of Estimating Engineers". 2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561163306> (date of treatments: 15.01.2025) (rus)
7. Naumov A.E., Dolzhenko A.V. Didactic effectiveness of virtualization of educational processes in construction design [Didakticheskaya effektivnost' virtualizacii obrazovatel'ny'x processov v stroitel'nom proektirovanii]. in Proceedings of the VIII International Symposium "Actual problems of computer modeling of structures", Tambov, 2023. Pp. 97. (rus)
8. Scorynina A.A. Building information modeling for actualization in construction technological processes [Informacionnoe modelirovanie stroitel'ny'x konstrukcij dlya aktualizacii resursoemkosti texnologicheskix processov], in Proceedings of the International Conference "High Technology and Innovation (XXV proceedings)", Belgorod, 2023. Pp. 414–418. (rus)
9. VR Concept. URL: <https://vrconcept.net/?ysclid=ltbom45taw826917970> (date of treatments: 15.01.2025)

10. GOST R 51897-2021 Risk management. Terms and definitions: national standard of the Russian Federation: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 11, 2021 No. 1489-st: date of introduction 2022-03-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181662> (date of treatments: 15.01.2025) (rus)
11. Ryhtykova N.A. Organizational risk analysis and management [Analiz i upravlenie riskami organizacii]: Tutorial. Publishing House "Infra-M", Moscow, 2007. 247 p. (rus)
12. Grabovyi P.G. Risks in modern business [Riski v sovremennom biznese]. Publishing House "Prosvetitel", Moscow, 2017. 285 p. (rus)
13. Avilova I.P., Naumov A.E., Shchenyatskaya M.A. Improving the economic efficiency of construction investments by means of technological risks management. Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2016. Vol. 8(S2). Pp. 1502–1518. (rus)
14. Suvorova M.O., Naumov A.E. Scientific and theoretical approaches to complex assessment of building life cycle from a low-carbon development perspective. Real Estate: Economics, Management. 2023. Vol. 1. Pp. 6–10. DOI: 10.22337/2073-8412-2023-1-6-10. (rus)
15. Fences with hyperpressured briks [Zabory iz giperpresovannogo kirpicha], exhibition "Low-rise Country". URL: <https://m-strana.ru/articles/zabory-iz-giperpressovannogo-kirpicha-sst/> (date of treatments: 15.01.2025) (rus)

Information about the authors

Scorynina, Anna A. Senior Lecturer. E-mail: kafeun@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 05.03.2025

Для цитирования:

Скорынина А.А. Виртуальный ресурсный анализ в строительном ценообразовании // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 8. С. 30–38. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-30-38

For citation:

Scorynina A.A. Virtual analysis in construction pricing. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 8. Pp. 30–38. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-30-38