
Построение календарного плана строительства на основе графика освоения капитальных вложений

Е.В. Михайлова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация: Актуальность темы статьи обусловлена тем, что в настоящее время отсутствует привязка календарного плана к графику освоения капитальных вложений. Предложен принцип построения графика освоения капитальных вложений, который обеспечивает равномерность и пропорциональность использования финансовых ресурсов. Построены графики освоения капитальных вложений, каждому графику освоения капитальных вложений соответствует изображение, описывающее изменение абсолютной величины доходности инвестиционно-строительного проекта. Применение математического аппарата, описывающего движение материальной точки, может применяться при разработке инвестиционных графиков и календарных планов строительства. Построение календарных планов строительства в разделе проекта организации строительства на основании инвестиционных графиков окажет существенное влияние на экономическую эффективность инвестиционных проектов.

Ключевые слова: календарный план строительства, инвестиции, доходность инвестиций, освоение капитальных вложений, продолжительность строительства, эффективность капитальных вложений.

Введение

Возведение объекта капитального строительства принято представлять как инвестиционно-строительный проект. Вероятно, на этом основании первый этап жизненного цикла объекта капитального строительства представляет собой технико-экономическое обоснование, оценку эффективности инвестиций (п.п. 4.3, 6.1.3, 6.2.3., 6.2.8, 6.2.10 ГОСТ Р 57363). Важно обратить внимание, что составление технико-экономического обоснования регламентируется ГОСТ Р 58917 (раздел 6, планирование и оценка эффективности – п. 6.8). На основании приведенных документов, несложно сделать вывод о том, к моменту подготовки задания на проектирование инициатор проекта имеет обоснованный график расходования финансовых ресурсов, которые необходимы для возведения объекта капитального строительства.

Необходимо обратить внимание, что на этапе подготовки задания на проектирование роль графика освоения капитальных вложений, которое занимает центральное место в технико-экономическом обосновании (бизнес-плане), сведено к п. 15 (приказ Минстроя РФ № 125/пр от 01.03.2018, в ред. от 02.03.2022), где предлагается указать общую стоимость проекта. Справедливости ради необходимо сказать о том, что возможность включения графика инвестирования в задание на проектирование имеется, например в п. 32 (требования к ПОС) типовой формы. Однако, довольно важному документу, к числу которых следует относить технико-экономическое обоснование (бизнес-план инвестиционного проекта), не нашлось места среди обязательных приложений к заданию на проектирование. При этом остается рассчитывать, что включение ТЭО как приложения в п. 46.7 будет влиять на проектные решения, принимаемые проектировщиком при разработке календарного плана строительства.

Указанную проблему следует относить к актуальной не только по причине отсутствия привязки календарных планов к графику освоения капитальных вложений. Вторая, не менее важная проблема состоит в разработке самого графика расходования финансовых ресурсов. В большинстве случаев, такой график представляет собой пропорциональное распределение финансов по заданным интервалам времени. Оценка эффективности такого решения будет рассмотрена в настоящей работе.

Научное сообщество исследует вопросы, связанные с разработкой графика капитальных вложений (инвестиций) в объекты строительства около 100 лет. За это время накоплено множество результатов по планированию инвестиций в объекты капитального строительства, к числу опубликованных научно-обоснованных инструментов, рекомендуемых к практическому применению, следует отнести:

- использование принципов идентификации, координации, планирования [1];
- применение нелинейных динамических моделей и симуляций, в том числе временных рядов [2];
- построение графика освоения капитальных вложений на основе зависимости от производственного цикла [3];
- разработка инвестиционного графика по результатам комплексной оценки денежного потока, доходности и риска [4], а также по результатам нахождения отправной точки относительно которой выполняются процедуры оптимизации [5];
- по значению целевой функции, в качестве которой рассматривается величина доходности инвестора [6], в том числе с учетом оценки конкурентоспособности подрядной организации [7];
- применение EVM – модели (модель заработанной стоимости), которая представляет собой график, описывающий накопленную стоимость инвестиционно-строительного проекта, который удобно применять при контроле за ходом строительства [8].

При построении графика расходования финансовых ресурсов инвестиционного проекта предлагается учитывать величину показателя экономической эффективности [9], в том числе по значению NPV и IRR [10], а также инвестиционной привлекательности [11] и методом реальных опционов [12]. Такой подход зачастую требует разработки инвестиционной политики с учетом влияния на региональную или национальную экономику [13]. При оценке экономической эффективности предлагается учитывать риск инвестиционно-строительного проекта [14], а так-же его зависимость от строительных процессов, установленных проектом [15].

Приведенный обзор опубликованных результатов научных исследований не рассматривает величину приращения капитальных

вложений в единицу времени. На этом основании напрашивается вывод о том, что ключевой вопрос при разработке графика расходования финансовых ресурсов при реализации инвестиционно-строительного проекта следует отнести к пробелам в научных исследованиях. Для восполнения этого пробела представляется целесообразным показать решение одной задачи, которая демонстрирует важность построения инвестиционного графика в том числе в виде EVM – модели.

Цель работы: сравнить графики освоения капитальных вложений, которые построены на принципах равномерности и пропорциональности. Для достижения заявленной цели решены следующие научные задачи:

- обоснован принцип построения графика освоения капитальных вложений, который обеспечивает равномерность и пропорциональность использования финансовых ресурсов;
- построены графики освоения капитальных вложений;
- для каждого графика освоения капитальных вложений предложено изображение, описывающее изменение абсолютной величины доходности инвестиционно-строительного проекта.

Методы исследования

Среди специалистов, участвующих в разработке и оценке инвестиционно-строительных проектов, расхожей фразой является словосочетание «движение денежных средств (финансовых ресурсов)». В настоящей работе предпринята попытка буквально описать движение денежных средств при помощи уравнений, которые используются в механике для описания движения материальной точки. При этом показателям, описывающим движение (путь, скорость, ускорение) придавался экономический смысл (объем инвестиций, денежный поток в единицу времени, прирост денежного потока в единицу времени). Кроме этого, для обеспечения равномерности и пропорциональности при финансировании

проекта создания объекта капитального строительства рассматривалось равномерное, равноускоренное и равнозамедленное движение. Для описания равноускоренного движения материальной точки механики всего мира применяют математическое выражение:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

где S – применительно к инвестиционно-строительному проекту описывает объем инвестиций, необходимый для создания объекта капитального строительства (всего); v_0 – объем финансирования инвестиционно-строительного проекта на первом этапе, для построения графика освоения капитальных вложений на принципах равноускоренного и равномерного движения, $v_0 = 0$, для применения принципа равнозамедленного движения необходимо выполнить условие $v_0 > 0$, на этом основании для обеспечения корректности сравнения, в настоящей работе при построении равнозамедленного графика $v_0 = at_{max}$; t – продолжительность создания объекта капитального строительства, установленная в технико-экономическом обосновании (бизнес-плане проекта), как правило, измеряется в количестве заданных промежутков времени (например, месяц, квартал и т.д.); a – приращение объема инвестиций в единицу времени t для равноускоренного графика освоения капитальных вложений $a > 0$, а для равнозамедленного – $a < 0$, при равномерном движении финансовых ресурсов $a = 0$.

Требует отдельного разъяснения подход автора к единицам измерения показателей, приведенных в формуле 1. С целью унификации модели, которая описывает график освоения капитальных вложений накопительным итогом (EVM – модель) исходные данные, необходимые для практического применения модели (уравнение 1), измеряются в процентах:

- $0 < S_t < 100$ (%) – показывает объем инвестиционных затрат в каждый отрезок времени t накопительным итогом: $S_{min} = 0$, $S_{max} = 100\%$;

- $0 < t < 100$ (%) – показывает изменение значения продолжительности от начала до окончания процесса создания объекта капитального строительства, установленного технико-экономическим обоснованием (бизнес-планом), $t_{min} = 0$, $t_{max} = 100\%$.

Измерение исходных показателей в процентах позволяет определить темпы изменения величины капитальных вложений относительно объема инвестиционных затрат, которые определены технико-экономическим обоснованием. Измерение продолжительности в процентах от величины времени, которое необходимо для создания объекта капитального строительства и определено технико-экономическим обоснованием, позволяет получать графики, которые применимы к любым инвестиционно-строительным проектам.

Важно обратить внимание на тот факт, что измерение объема инвестиций и продолжительности в процентах от величины, установленной технико-экономическим обоснованием, позволяет получать единственное решение при определении приращения инвестиций для графика освоения капитальных вложений, соответствующего равноускоренному движению. Действительно, если уравнение 1 решить относительно «а», при условии $v_0 = 0$ (для равноускоренного движения), $S = 100$ (%), $t = 100$ (%), тогда не зависимо от абсолютных значений S и $t - a = 0,02$ (% от величины S). Следовательно, при построении графика равнозамедленного движения $v_0 = 2$ (% от величины S). Очевидно, что при равномерном движении $-a = 0$.

Доходность инвестиций принято измерять в процентах от суммы инвестиций за определенный период. Для оценки влияния графика освоения капитальных вложений на величину доходности инвестиций, необходимо установить количество отрезков времени, сумма которых равна

продолжительности создания объекта капитального строительства. При этом такие отрезки времени должны быть равны между собой. После этого важно установить желаемую доходность инвестора в единицу времени (в единичный отрезок времени). В настоящей работе продолжительность создания объекта капитального строительства ($t_{max} = 100\%$) была разбита на 25 равных интервалов времени. Для каждого интервала времени была установлена доходность в размере $i = 1\%$. Для нахождения величины доходности в процентах от общего объема инвестиций применялось математическое выражение:

$$i_t = (v_t + v_{(t-1)}i) i, \quad (2)$$

где i_t – величина доходности инвестиций к моменту времени t , выраженная в процентах от объема инвестиций (S); v_t – величина капитальных вложений, которая должна быть освоена в промежуток времени t , измеряется в процентах от объема инвестиций (S); $v(t-1)i$ – планируемая (расчетная) доходность инвестиций за промежуток времени « $t-1$ » (то есть, за предыдущий отрезок времени), измеряется в процентах от объема инвестиций (S); i – значение доходности инвестиций, установленная в технико-экономическом обосновании, для рассматриваемого примера $i = 1\%$ в единицу времени t .

Приведенные исходные данные, а также уравнения 1 и 2 позволяют построить графики освоения капитальных вложений (инвестиционные графики), которые будут отличаться темпом освоения денежных средств и величиной дохода, которую необходимо обеспечить инвестору по условиям технико-экономического обоснования (бизнес-плана) проекта.

Результаты

Применение хорошо изученного математического аппарата, описывающего движение материальной точки, значительно облегчает

решение задач, связанных с построением графика расходования инвестиционных ресурсов (графика освоения капитальных вложений). В настоящей работе приводится уравнение движения в скалярных величинах, однако существует более сложное описание, например с применением дифференциальных уравнений. Такое описание обеспечивает довольно высокий уровень точности построения графика движения финансовых ресурсов и может использовать любой отрезок времени, для которого выполняются вычисления.

Результат практического применения математического аппарата, применяемого для описания движения материальной точки показан в виде графика (рис. 1 *а*, *б*). Линия 1 на рис. 1*а* соответствует графику равноускоренного освоения капитальных вложений, который предусматривает наращивание расходов финансовых ресурсов от первого до последнего отрезка времени.

Важно отметить, если объем инвестиций и продолжительность, необходимые для создания объекта капитального вложения принять за 100% ($S = t = 100\%$), тогда для всех графиков при переходе от одного отрезка времени к другому, приращение финансовых расходов будет составлять 0,02% от S ($a = 0,02S$). Это приращение не зависит от количества отрезков времени, на которые разбивается величина продолжительности, которая необходима для создания объекта капитального строительства.

Очевидно, что при равномерном распределении финансирования по каждому отрезку времени ($a = 0$) график освоения капитальных вложения превращается в прямую линию (линия 2 на рис. 1*а*), которая может быть аналитически описана уравнением $S = v_t$. При этом следует помнить о том, что в этом случае $v = const$. Равномерное распределение капитальных вложений по всем отрезкам времени наиболее часто применяется при разработке бизнес-планов и технико-экономических обоснований.

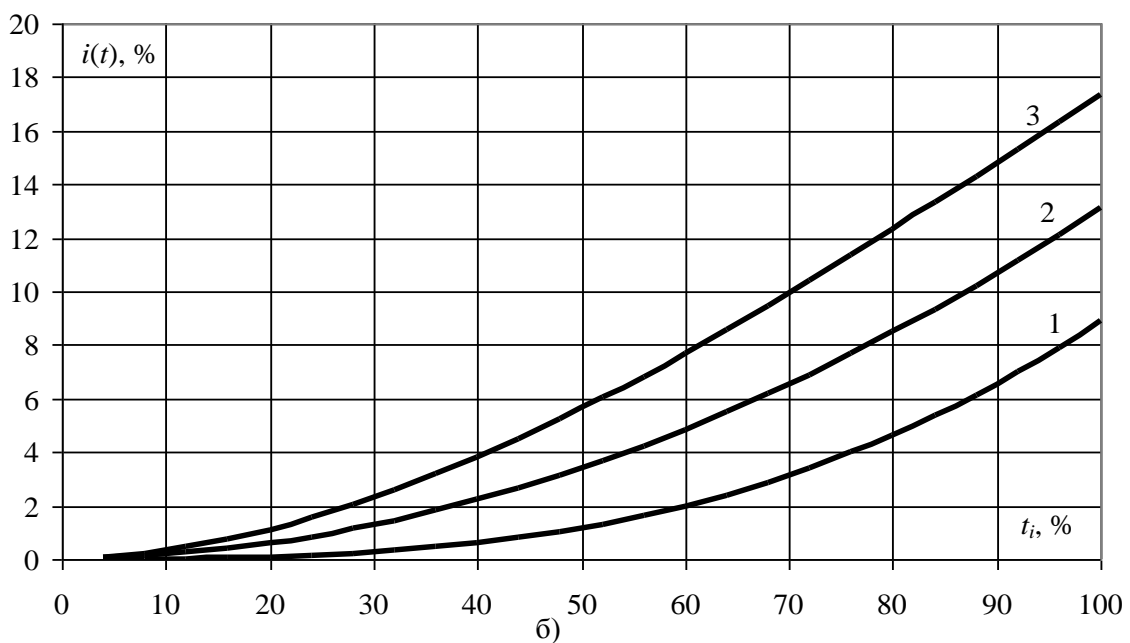
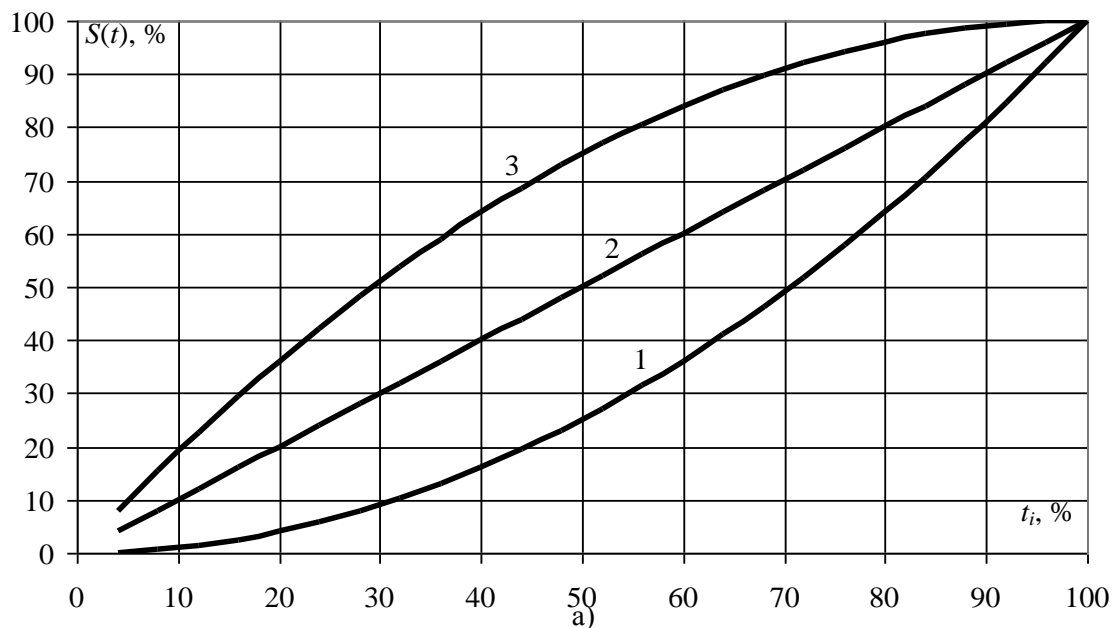


Рис. 1. – Траектории финансирования проекта для составления календарного плана: а) накопительная стоимость проекта строительства (график освоения капитальных вложений, EVM - модель); б) доходность инвестиций в единицу времени; 1 – при равноускоренном финансировании; 2 - при равномерном финансировании; 3 – при равнозамедленном финансировании.

При построении графика освоения капитальных вложений, который соответствует равнозамедленному движению материальной точки (линия 3 на графике, рис. 1а), необходимо установить начальную скорость (v_0), которая соответствует сумме финансовых ресурсов, израсходованных в течение первого отрезка времени. Для того, чтобы обеспечить сопоставимость результатов оценки эффективности, полученных для каждого из трех графиков, в настоящей работе финансирование в начальный период при равнозамедленном финансировании равно объему финансирования в последний отрезок времени, вычисленному для графика равноускоренного финансирования ($v_0 = at_{max} = 2\%$ от S , $t_{max} = 100\%$).

Таким образом получены 3 варианта инвестиционного графика (графика освоения капитальных вложений):

- равномерного увеличения объема осваиваемых капитальных вложений, линия 1, рис. 1а;
- равномерного распределения объема освоения капитальных вложений на всем протяжении строительства, линия 2, рис 1а;
- равномерного уменьшения объема освоения капитальных вложений в единицу времени, линия 3, рис. 1а.

Сравнение эффективности графиков освоения капитальных вложений (рис. 1а) выполнялось по критерию величины финансовых ресурсов, которые обеспечивают заданную доходность. Заданная доходность в этом случае равна 1% в каждый отрезок времени $i_t = 1\%$. На графике (рис. 1б) показано изменение величины финансовых ресурсов, которое обеспечивает заданную доходность ($i_t = 1\%$). Результат вычислений показывает, что в зависимости от графика освоения капитальных вложений разная величина финансовых ресурсов обеспечивает заданный уровень доходности инвестиций ($i_t = 1\%$):

- при равноускоренном графике освоения капитальных вложений заданный уровень доходности ($i_t = 1\%$.) обеспечивает сумма равная 8,92% от общего объема инвестиционных затрат (S), линия 1 на рис. 1б;

- если график освоения капитальных вложений предусматривает равномерное выделение финансовых ресурсов в единицу времени, тогда для обеспечения заданного уровня доходности необходима сумма в размере 13,12% от общего объема инвестиций (S), линия 2 на рис. 1б;

- при равномерном уменьшении суммы капитальных вложений (равнозамедленное движение) для обеспечения заданного уровня доходности ($i_t = 1\%$.) потребуется 17,32% от общего объема инвестиционных затрат (S), линия 3, рис 1б.

Такое результат подтверждает закономерность при определении доходности: чем меньше продолжительность использования инвестиционных ресурсов, тем меньше денежных средств обеспечивает заданный уровень надежности инвестору. Кроме этого, полученный результат имеет важное значение при продаже готовой строительной продукции (объекта капитального строительства). Если исходить из того, что покупатель готов купить объект капитального строительства после получения разрешения на ввод в эксплуатацию, тогда готовая строительная продукция может быть продана без ущерба для инвестора:

- при равноускоренном инвестиционном графике за $1,0892S$;
- при равномерном инвестиционном графике за $1,1312S$;
- при равнозамедленном инвестиционном графике за $1,1732S$.

Выгода от построения графика освоения капитальных вложений с учетом обеспечения доходности инвестора очевидна. Однако реализация таких графиков не всегда возможна. Ограничения возможностей при реализации инвестиционных графиков принято связывать с организационными и технологическими особенностями возведения зданий и

сооружений. К числу наиболее значимых ограничений, возникающих при построении календарного плана строительства по заданному графику освоения капитальных вложений, следует относить:

- объем освоения капитальных вложений в единицу времени ограничен величиной производственных мощностей, которые могут одновременно функционировать на строительной площадке;

- объем финансовых ресурсов в единицу времени принимает предельное значение при соблюдении технологической последовательности возведения зданий или сооружений, например, вряд ли возможно выполнять работы по устройству кровли, если не готовы конструкции покрытия последнего этажа здания, или для возведения фундамента должны быть выполнены земляные работы по устройству котлована;

- технологические процессы производства строительно-монтажных работ значительно отличаются по величине сметной стоимости, приведенной к единице времени.

Разработка календарных планов строительства, основанных на графике освоения капитальных вложений, представляет собой довольно сложную задачу. Однако, приведенные результаты исследования (например, график на рис. 1б) показывают экономическую целесообразность продолжения исследований в этом направлении. При этом применение математического аппарата, используемого для описания движения материальной точки, может значительно упростить методологию построения календарных графиков, в том числе, при неравномерном освоении капитальных вложений.

Выводы

Приведенные результаты исследования позволяют констатировать:

1. График освоения капитальных вложений оказывает существенное влияние на экономическую эффективность инвестиционных проектов, предусматривающих создание объектов капитального строительства.

2. Построение календарных планов строительства в разделе проекта организации строительства на основании инвестиционных графиков должно стать нормой при разработке проектов создания объектов капитального строительства.

3. Применение математического аппарата, описывающего движение материальной точки, может применяться при разработке инвестиционных графиков и календарных планов строительства.

Литература

1. Zeb J. An integrated framework for municipal capital investment planning. // Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer. 2022. № 2. pp. 72-83.

2. Kuda F, Dlask P, Teichmann M, Beran V. Time–Cost Schedules and Project–Threats Indication // Sustainability. 2022. № 14(5). URL: doi.org/10.3390/su14052828

3. Hong J-D. Optimal production cycles, procurement schedules, and joint investment in an imperfect production system // European Journal of Operational Research. 1997. № 100. P. 413-428. URL: [doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00160-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00160-9).

4. Ljungqvist A., Richardson M. The cash flow, return and risk characteristics of private equity // National Bureau of Economic Research Working Paper Series. 2003. № 9454. DOI: [10.3386/w9454](https://doi.org/10.3386/w9454).

5. Kvien K., Garnett A., Carpenter M. E., Aarnes J. Application of the CO2QUALSTORE guideline for developing a risk-based investment schedule for an integrated CCS project // Energy Procedia. 2011. № 4. P. 5911-5916. URL: doi.org/10.1016/j.egypro.2011.02.592.

6. Старостина Н.А. Долгосрочное инвестирование в России // Вестник московского гуманитарно-экономического института. 2021. № 3. С. 252-258. DOI: [10.37691/2311-5351-2021-0-3-252-258](https://doi.org/10.37691/2311-5351-2021-0-3-252-258)

7. Кашина Е.В., Берг Т.И. Специфика управления эффективностью бизнеса в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 8. С. 119-126. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-764-8-119-126.

8. Konior J. Determining Cost and Time Performance Indexes for Diversified Investment Tasks // Buildings. 2022. № 12(8). URL: doi.org/10.3390/buildings12081198.

9. Серов В.М. О структуре методического документа, положениях и методах оценки экономической эффективности инвестиционно-строительной деятельности // Экономика строительства. 2020. № 3. С. 33-49.

10. Иванова Н.Н., Швыденко Н.В. Методический подход к формированию организационно-экономического механизма управления строительством молодежных жилищных комплексов // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/120.pdf_1085.pdf

11. Старовойтова А.С., Соколова Е.Н. Оценка инвестиционной привлекательности проектов // Вестник российского нового университета. 2022. № 4. С. 46-55. DOI: 10.18137/RNU.V9276.22.04.P.046

12. Михайлова Е.В. Использование теории опционного ценообразования для оценки инвестиционно-строительных проектов // Российское предпринимательство. 2012. № 1 (99). С. 136-142.

13. Лазарева Н.В. Финансы инвестиций в основной капитал // The Scientifics Heritage. 2021. № 75-4. С. 33-36. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-4-33-36.

14. Михайлова Е.В. Регулирование интенсивности освоения капитальных вложений в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_52_Mikhaylova_N.pdf_6c74961ee4.pdf

15. Sobieraj J, Metelski D. Project Risk in the Context of Construction Schedules—Combined Monte Carlo Simulation and Time at Risk (TaR)

Approach: Insights from the Fort Bema Housing Estate Complex // Applied Sciences. 2022. № 12(3). URL: doi.org/10.3390/app12031044

References

1. Zeb J. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer. 2022. № 2. pp. 72-83.
2. Kuda F, Dlask P, Teichmann M, Beran V. Sustainability. 2022. № 14(5). URL: doi.org/10.3390/su14052828
3. Hong J-D. European Journal of Operational Research. 1997. № 100. pp. 413-428. URL: [doi.org/10.1016/S0377-2217\(96\)00160-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00160-9).
4. Ljungqvist A., Richardson M. National Bureau of Economic Research Working Paper Series. 2003. № 9454. DOI: 10.3386/w9454.
5. Kvien K., Garnett A., Carpenter M. E., Aarnes J. Energy Procedia. 2011. № 4. pp. 5911-5916. URL: doi.org/10.1016/j.egypro.2011.02.592.
6. Starostina N.A. Vestnik moskovskogo gumanitarno-jekonomicheskogo instituta. 2021. № 3. pp. 252-258. DOI: 10.37691/2311-5351-2021-0-3-252-258
7. Kashina E.V., Berg T.I. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2022. № 8. pp. 119-126. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-764-8-119-126
8. Konior J. Buildings. 2022. № 12(8). URL: doi.org/10.3390/buildings12081198.
9. Serov V.M. Jekonomika stroitel'stva. 2020. № 3. pp. 33-49.
10. Ivanova N.N., Shvydenko N.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/120.pdf_1085.pdf
11. Starovojtova A.S., Sokolova E.N. Vestnik rossijskogo novogo universiteta. 2022. № 4. pp. 46-55. DOI: 10.18137/RNU.V9276.22.04.P.046
12. Mihajlova E.V. Rossijskoe predprinimatel'stvo. 2012. № 1 (99). pp. 136-142.
13. Lazareva N.V. The Scientifics Heritage. 2021. № 75-4. pp. 33-36. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-4-33-36



14. Mihajlova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 1. URL:
ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_52_Mikhaylova_N.pdf_6c74961ee4.pdf

15. Sobieraj J, Metelski D. Applied Sciences. 2022. № 12(3). URL:
doi.org/10.3390/app12031044

Дата поступления: 19.12.2023

Дата публикации: 25.01.2024