

Организационно-технологические решения при выявлении взаимозависимостей между параметрами потока и себестоимостью выполнения работ

*С.Г. Шеина¹, В.Я. Мищенко¹, Ю.Д. Сергеев², Р.Ю. Мясищев²,
А.Ю. Сергеева²*

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

²Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы взаимосвязи между параметрами строительного потока и себестоимостью выполнения работ. Ключевым аспектом процесса повышения прибыли, минимизации затрат и улучшения характеристик выпускаемой продукции является обоснование сроков возведения объектов. Оценка длительности и стоимости работ, даёт возможность лицу, принимающему решения, приходиться к более обоснованным бизнес-решениям. Сметная оценка строительства не включает в себя все организационно-технологические расходы и финансовые затраты строительной компании. Не учитываются затраты на запланированные простои исполнителей и фронта работ, на повышение качества строительной продукции и т.д. Первостатейная задача носит характер систематизирования скоррелированности зависимостей между параметрами строительного потока, а именно продолжительностью, количеством участников и отдельных этапов строительных работ, их интенсивностью и степенью загрузки исполнителей, а с другой — стоимостью строительства при разных подходах к организации строительных процессов и работ. Установлены взаимосвязи и зависимости между параметрами потока и затратами.

Ключевые слова: организационно-технологические решения, надежность, контроль качества, эффективность, себестоимость, производительность труда.

Основная цель организационно-технологического проектирования в строительной отрасли заключается в повышении прибыли, минимизации затрат и улучшении характеристик выпускаемой продукции. Ключевым аспектом данного процесса является обоснование сроков возведения объектов, что, в свою очередь, способствует стабильному функционированию компании в условиях рыночной конкуренции [1]. Оценка занятости исполнителей организационно – технологических проектов, произведённая своевременно и достоверно, как и оценка длительности и стоимости работ, даёт возможность лицу, принимающему решения, наиболее точно находить и определять возможности организации в случаях участия в

тендерах, а также приходиться к более обоснованным решениям [2, 3]. Поэтому актуальной задачей является установление взаимосвязей и зависимостей между параметрами потока (продолжительностью, количеством исполнителей, числом частных фронтов работ их интенсивностью выполнения и насыщенностью исполнителями) и стоимостью строительства при различных вариантах организации работ [4].

Цена строительства объекта определяется исходя из сметных расчетов, которые учитывают прямые расходы, общие издержки и предусмотренные резервы. Тем не менее сметная оценка не включает в себя все организационно-технологические расходы и финансовые затраты строительной компании. К примеру, в смете не учитываются такие расходы, как: на запланированные простои исполнителей и фронта работ, на повышение качества строительной продукции, на сокращение сроков производства работ [5]. Для того чтобы учитывать дополнительные организационно-технологические издержки строительной организации, необходимо установить взаимосвязи и зависимости между параметрами потока и затратами.

Затраты строительной организации можно рассматривать как классификацию затрат (рис. 1). Такая классификация затрат строительной организации позволяет установить взаимосвязи и зависимости с основными параметрами потока, т.е. с его продолжительностью, растяжением ресурсных и фронтальных связей, что дает возможность оценки различных вариантов организации работ [6, 7].

Затраты, Z_T , зависящие от продолжительности строительства, могут быть выражены следующими зависимостями:

а) затраты на охрану, благоустройство и содержание строительной площадки имеют линейный характер:

$$Z_{охр} = C_{мон} \cdot T, \quad (1)$$

где $C_{\text{мон}}$ – повременная оплата обслуживающего персонала, руб. в сутки; T – продолжительность строительства;

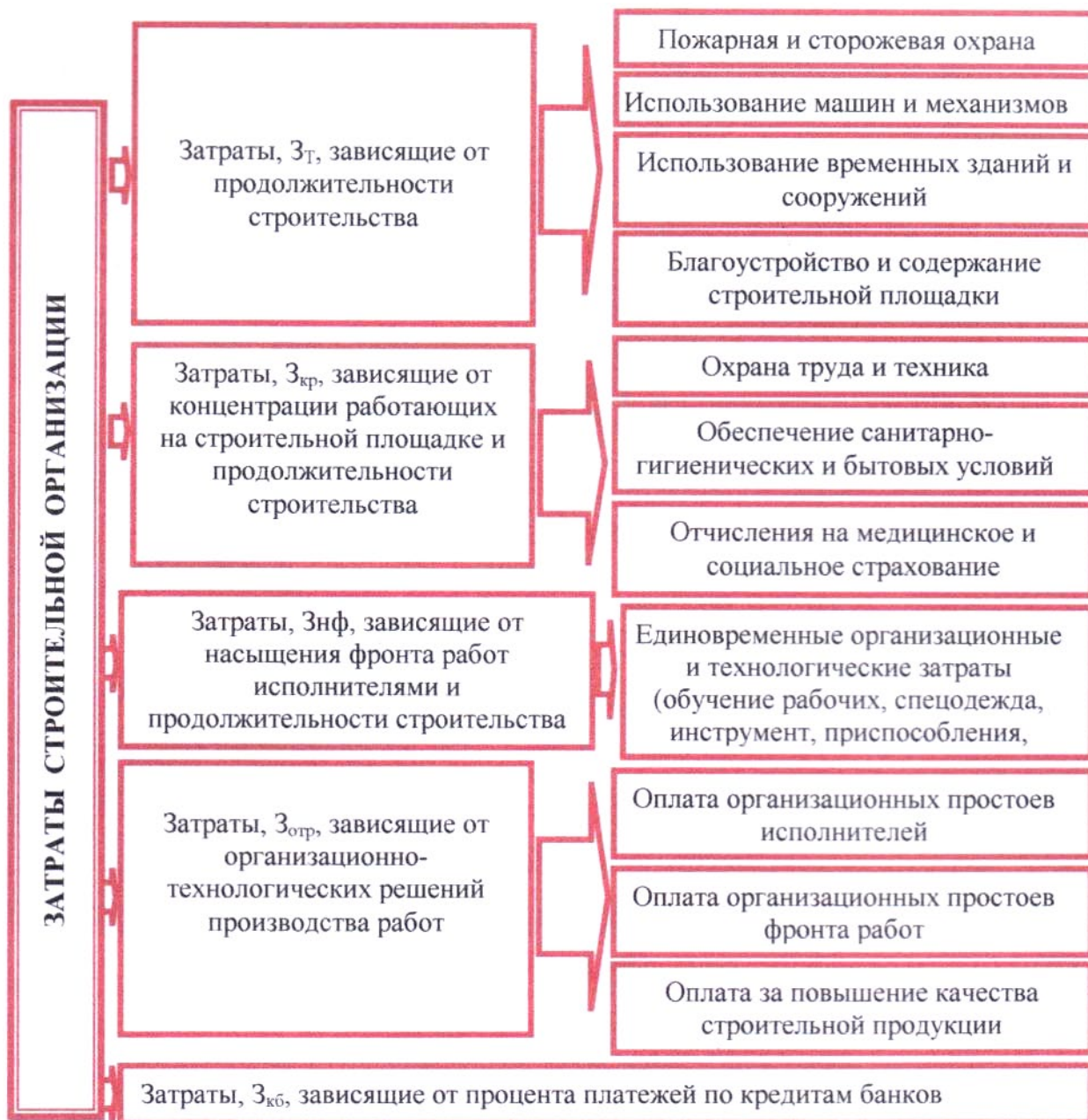


Рис. 1. – Затраты строительной организации

б) затраты, связанные с использованием машин и механизмов во времени, $Z_{\text{маш}}$, имеют следующую зависимость:

$$Z_{\text{маш}} = C_{\text{м-см}} T, \quad (2)$$

где себестоимость функционирования за всю продолжительность употребления механизма или машины измеряется используя выражение:

$$C_{себ} = E + \frac{\mathcal{E}_2 \times T_\phi}{T_z} + \mathcal{E}_{см} \times T_\phi, \quad (3)$$

где E – затраты единовременные; \mathcal{E}_2 – годовые отчисления; T_ϕ – время работы машины (механизма) на строительной площадке; T_z – нормативное время работы машины в году; $\mathcal{E}_{см}$ – сменные эксплуатационные расходы [8].

Отсюда стоимость машино-смены:

$$C_{м-см} = C_{себ} / T_\phi = (E + \mathcal{E}_2 T_\phi / T_z + \mathcal{E}_{см} T_\phi) / T_\phi = E / T_\phi + \mathcal{E}_2 / T_z + \mathcal{E}_{см}, \quad (4)$$

т.е., чем меньше по времени эксплуатируется машина (механизм) на строительном объекте, тем выше стоимость ее машино-смены.

Так как годовые отчисления, отнесенные к нормативному времени работы машины в году, и сменные эксплуатационные расходы – величины, инвариантные для данной строительной площадки, то стоимость машино-смены есть функция единовременных затрат от времени работы машины на данном объекте, т.е. $C_{м-см} = E(T_\phi)$.

в) затраты, связанные с использованием временных зданий и сооружений во времени, $Z_{вр.зд}$, можно определить из следующей зависимости:

$$Z_{вр.зд} = C_E + A_z T / T_n + C_{см} T, \quad (5)$$

где C_E – единовременные затраты;

A_z – годовые амортизационные отчисления;

T – время эксплуатации на строительной площадке;

T_n – нормативный срок службы, лет;

$C_{см}$ – сменные расходы на содержание временных зданий и сооружений.

Из данной зависимости следует, что чем меньше по времени временные здания и сооружения находятся на строительной площадке, тем выше их суточная стоимость эксплуатации:

$$C_{сут} = Z_{вр.зд} / T_\phi = C_E / T_\phi + A_z / T_n + C_{см}. \quad (6)$$

Амортизационные отчисления и сменные расходы на поддержание временных конструкций и сооружений на строительном объекте остаются

постоянными для конкретной площадки [9]. Поэтому ежедневные расходы на эксплуатацию этих временных объектов зависят от первоначальных затрат (включая транспортные, складские и монтажные расходы, а также подготовку к использованию) и продолжительности строительных работ:

$$C_{\text{сут}} = C_E(T). \quad (7)$$

В таком случае расходы, обозначаемые как Z_T , которые зависят от времени строительства, можно представить в виде следующего уравнения:

$$Z_T = C_{\text{моп}} \times T + C_{\text{м-см}} \times T + C_{\text{сут}} \times T = (C_{\text{моп}} + C_{\text{м-см}} + C_{\text{сут}})T, \quad (8)$$

где T — это период времени, необходимый для строительства объекта.

Затраты, обозначаемые как $Z_{кр}$, зависят от плотности рабочей силы на объекте и включают расходы на организацию охраны труда, соблюдение стандартов безопасности, обеспечение санитарно-гигиенических и бытовых условий, а также взносы на медицинское и социальное страхование [10]. Эти затраты могут быть выражены следующей зависимостью:

$$Z_{кр} = N C_{сб} / T, \quad (9)$$

где N — число работающих, чел.; $C_{сб}$ — социально-бытовые затраты на одного работающего (на охрану труда, санитарно-гигиенических и бытовых условий, медицинское и социальное страхование); T — продолжительность строительства.

Затраты, $Z_{нф}$, зависящие от насыщения фронта работ исполнителями и продолжительности строительства можно выразить следующей формулой:

$$Z_{нф} = \sum \{ C_i N_i / t_i \} \text{ или } Z_{нф} = \sum \{ C_i \alpha_i \}, \quad (10)$$

где C_i — единовременные затраты на одного рабочего i -го вида работ (стоимость обучения, спецодежды, инструмента, приспособлений, инвентаря), руб.; N_i — количество работников, задействованных в выполнении i -го типа работ; t_i — время, необходимое для выполнения i -го типа работ; α_i — степень загрузки работников при выполнении i -го типа работ.

Затраты, Z_{OTP} , зависящие от организационно-технологических решений производства работ, можно выразить с помощью таких выражений:

$$Z_{OP} = \sum \{C_i \cdot Q_i \cdot (\alpha_0 / \alpha_{np} + 1)\}, \quad i = 1, \dots, m - \text{виды работ}; \quad (11)$$

$$Z_{ONC} = \sum C_j \cdot (1 + E_o)^{T-B}, \quad j = 1, \dots, n - \text{фронты работ}. \quad (12)$$

Здесь C_i – стоимость оплаты труда 1 рабочего при выполнении i -го типа работ; Q_i – затраты труда на выполнение i -го типа работ; α_0 и α_{np} – оптимальная и фактическая интенсивность задействования исполнителей (ИЗИ) на j -м участке работ для i -го типа; B – время завершения освоения j -го участка работ. C_j – стоимость освоенного j -го фронта работ, руб.; E_o – нормативный коэффициент эффективности; T – продолжительность строительства объекта.

Приведенные зависимости учитывают: Z_{OP} – оплату простоев исполнителям; Z_{ONC} – оплату за незавершенное строительство [11].

Графики организационно-технологических затрат от параметров потока представлены на рис. 2, 3.

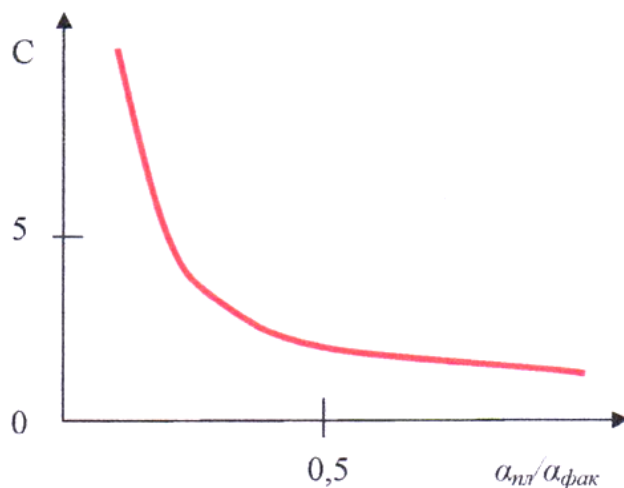


Рис.2. - Зависимость затрат от соотношения плановой и фактической интенсивности задействования исполнителей фронтом работ

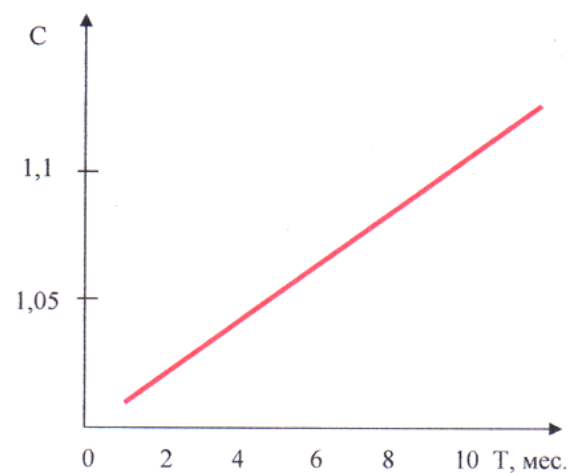


Рис.3. - Затраты, связанные с простоем фронта работ

Затраты, $Z_{кб}$, зависящие от процента платежей по кредитам банков, можно выразить следующей зависимостью:

$$Z_{кб} = Z_k (1 + \Pi)^T, \quad (13)$$

где Z_k – капитальные затраты, руб.; Π – процент оплаты кредита; T – продолжительность строительства.

Графическая зависимость затрат от процента оплаты по кредитам банков дана на рис. 4.

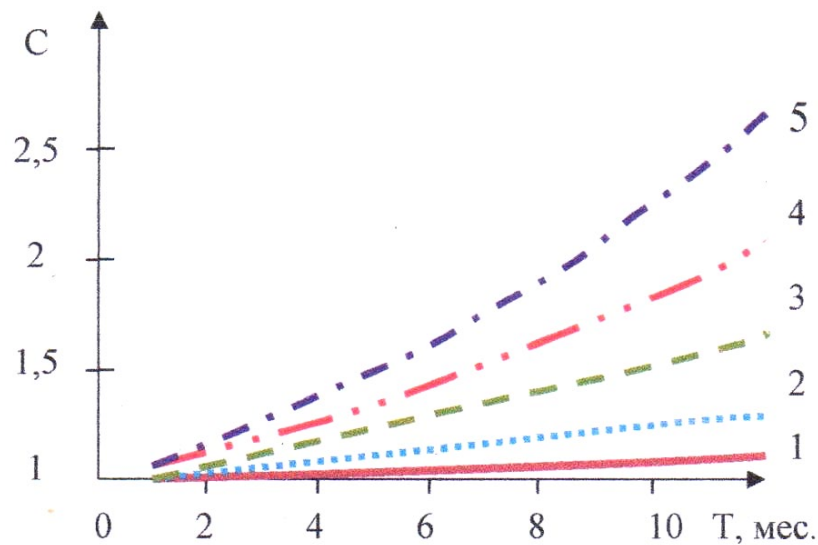


Рис.4. - Зависимость затрат оплаты по кредитам банка от величины процента: 1) – 10% ; 2) – 25%; 3) – 50%; 4) – 75%; 5) – 100%

Таким образом, расходы строительной компании, которые зависят от сроков возведения объекта, количества рабочих, их оснащённости техникой, выбранных организационно-технологических подходов в процессе строительства и уровня процентных ставок по банковским кредитам можно представить в виде следующей зависимости:

$$Z_o = (Z_T + Z_{кр} + Z_{н.ф.} + Z_{он})(1 + \Pi)^{T/2} \quad (14)$$

Визуальное отображение этой формулы показано на рис. 5, где расходы выражены как относительные значения в зависимости от времени строительства.

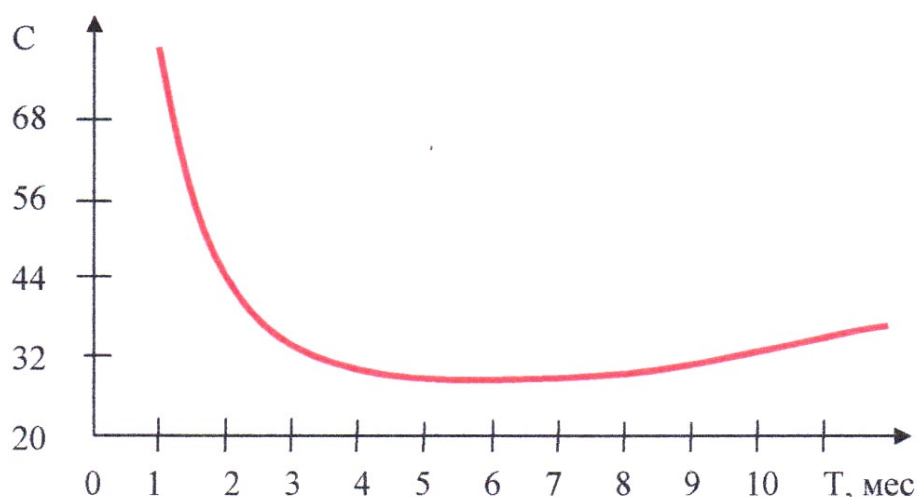


Рис.5. - Издержки, рассчитанные с учетом продолжительности строительных работ

Выявленные взаимосвязи показывают, что при составлении календарных планов важно не только оптимизировать организационные характеристики потока, но и обязательно учитывать технологические аспекты строительного процесса [12], а именно стремиться к снижению трудозатрат и процентных выплат по кредитам.

Таким образом, установлены взаимосвязи между параметрами потока и себестоимостью выполнения работ. Установлена зависимость стоимости работ от продолжительности их выполнения, числа исполнителей и их механовооруженности, организационно - технологических решений производства строительного - монтажных работ, а также условия погашения банковских кредитов, что дает возможность оценивать самые различные и выявлять наиболее эффективные варианты календарных планов.

Литература

1. Zalmai M.L., Akcaay C., Manisali E. Time-cost optimization using harmony search algorithm in construction projects. Optimización del costo del tiempo, utilizando el algoritmo de búsqueda de armonía en proyectos de construcción // Revista de La Construcción. Journal of Construction (RDLC) is an

international scientific journal. 2019. № 18 (2), pp. 226–237. doi: 10.7764/RDLC.18.2.226.

2. Шеина С.Г., Балашев Р.В., Живоглядов Г.А., Шахиев Р.Д. Устойчивое строительство зданий // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.

3. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2021, №5 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.

4. Mishchenko V., Sergeev Yu., Sergeeva A., Myasishchev Yu., Myasishchev R. Risk Management in Energy Efficient Constructional Projects // AIP Conference Proceedings. VIII international scientific and technical conference "Solving environmental problems in the construction industry" ESCI 2022. AIP publishing, 2023. pp. 050020 doi: doi.org/10.1063/5.0125004.

5. Понявина Н.А., Емельянов Д.И., Чеснокова Е.А., Попова М.Е. Анализ принципов применения технологии "Бережливое строительство" с целью повышения индекса производительности труда // Научный журнал строительства и архитектуры. 2021. №1 (61). С. 40-52.

6. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. Научно-технический журнал по строительству и архитектуре. 2010. №4-1. С. 251-255.

7. Новоселова И.В., Аль-Фатла А.Н.М., Дахнова Т.М. Организационно - технологические положения строительно - технических исследований по определению качества строительных конструкций// Инженерный вестник Дона, 2014, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7923.

8. Titarenko B., Hasnaoui A., Titarenko R. Risk management system model for construction projects // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. Issue. 4. Art. №42019.

9. Емельянов Д.И., Кузнецов Д.Н., Петриева А.А., Коробова И.Р., Слушева В.О. Перспективные конструктивные и организационно-технологические решения по возведению зданий // Строительство и недвижимость. Научный журнал. 2020. № 2 (6). С. 89-96.

10. Алексейцев А.В. Обзор мирового опыта учета случайных организационных ожиданий при календарном планировании строительных проектов // Инженерный вестник Дона, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8021.

11. Зорин В.Д., Юдин М.А., Власов Л.В., Попов Д.А., Гасанов Т.Я. Методика автоматизации работ по проекту организации строительства с получением календарного плана и графика финансирования // Инженерный вестник Дона. 2023. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8227.

12. Chen L., Lu Q., Li S., He W., Yang J. Bayesian Monte Carlo Simulation-Driven Approach for Construction Schedule Risk Inference // Journal of Management in Engineering. 2021. №37 (2). doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000884/.

References

1. Zalmai M.L., Akcay C., Manisali E. Revista de La Construcción. Journal of Construction (RDLC) is an international scientific journal. 2019. № 18 (2), pp. 226–237. doi: 10.7764/RDLC.18.2.226.

2. Sheina S.G., Balashev R.V., Zhivoglyadov G.A., Shahiev R.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.

3. Lyubin N.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.

4. Mishchenko V., Sergeev Yu., Sergeeva A., Myasishchev Yu., Myasishchev R. AIP Conference Proceedings. VIII international scientific and technical conference "Solving environmental problems in the construction

industry" ESCI 2022. AIP publishing, 2023. pp. 050020 doi: doi.org/10.1063/5.0125004.

5. Ponyavina N.A., Emel'yanov D.I., Chesnokova E.A., Popova M.E. Nauchny`j zhurnal stroitel'stva i arxitektury`. 2021. №1 (61). pp. 40-52.

6. Ginzburg A.V. Vestnik MGSU. Nauchno-texnicheskij zhurnal po stroitel'stvu i arxitekture. 2010. №4-1. pp. 251-255.

7. Novoselova I.V., Al'-Fatla A.N.M., Daxnova T.M., Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7923.

8. Titarenko B., Hasnaoui A., Titarenko R. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. Issue. 4. Art. № 42019.

9. Emel'yanov D.I., Kuzneczov D.N., Petrieva A.A., Korobova I.R., Slusheva V.O. Stroitel'stvo i nedvizhimost`. Nauchny`j zhurnal. 2020. № 2 (6). pp. 89-96.

10. Aleksejcev A.V Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8021.

11. Zorin V.D., Judin M.A., Vlasov L.V., Popov D.A., Gasanov T.Ja Inzhenernyj vestnik Dona, 2023. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8227.

12. Chen L., Lu Q., Li S., He W., Yang J. Journal of Management in Engineering. 2021. № 37 (2). doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000884/.

Дата поступления: 20.12.2024

Дата публикации: 26.01.2025