

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

*С.Г. Шеина<sup>1</sup>, В.Я. Мищенко<sup>1</sup>, Ю.Д. Сергеев<sup>2</sup>, Р.Ю. Мясищев<sup>2</sup>,  
А.Ю. Сергеева<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

*<sup>2</sup>Воронежский 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;

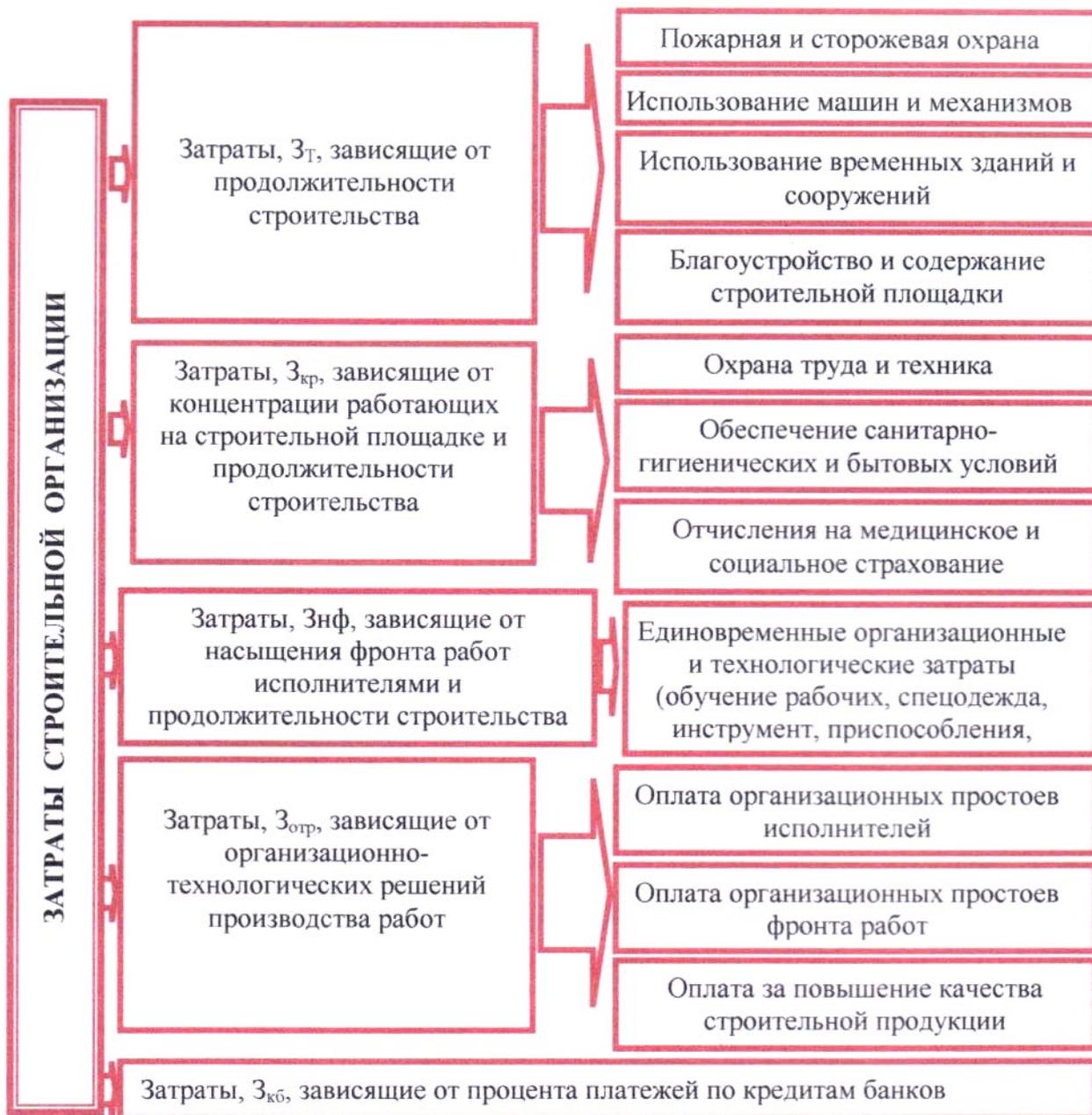


Рис. 1. – Затраты строительной организации

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:

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

где  $E$  – затраты единовременные;  $\mathcal{E}_z$  – годовые отчисления;  $T_\phi$  – 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:

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

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;  $\alpha_i$  — 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;  $\alpha_0$  и  $\alpha_{np}$  – 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.

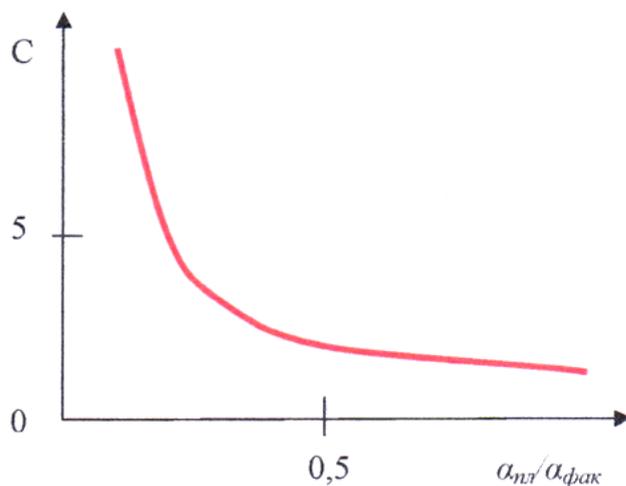


Рис.2. - Зависимость затрат от соотношения плановой и фактической интенсивности задействования исполнителей фронтом работ

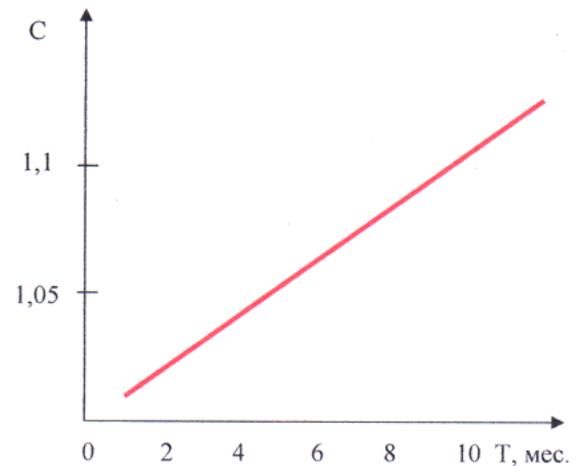


Рис.3. - Затраты, связанные с простоем фронта работ

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.;  $\Pi$  – процент оплаты кредита;  $T$  – продолжительность строительства.

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

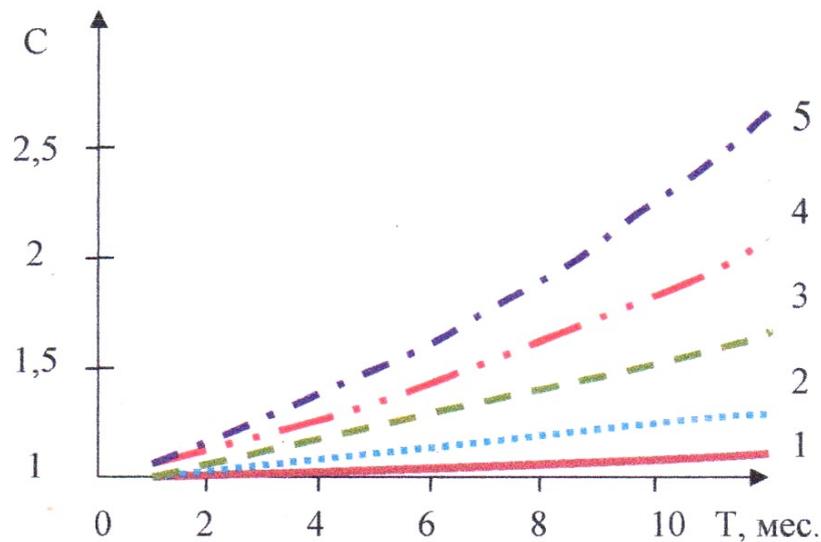


Рис.4. - Зависимость затрат оплаты по кредитам банка от величины процента: 1) – 10% ; 2) – 25%; 3) – 50%; 4) – 75%; 5) – 100%

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.

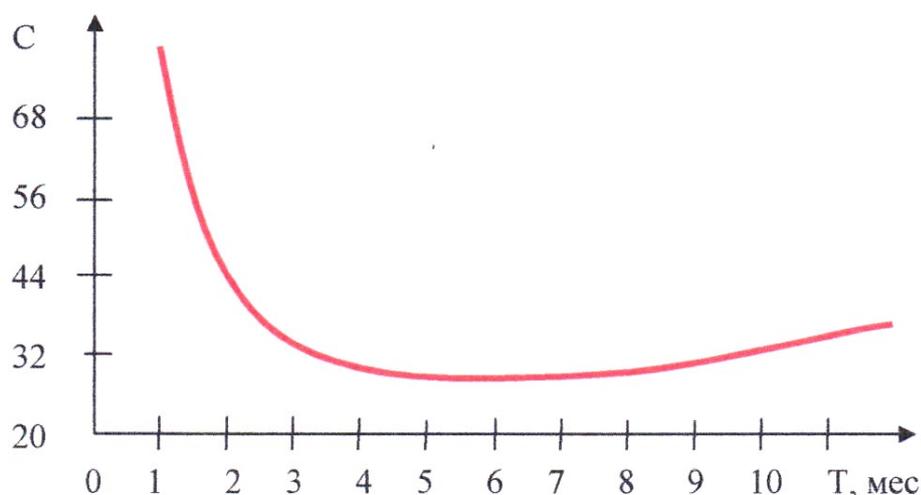


Рис.5. - Издержки, рассчитанные с учетом продолжительности строительных работ

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**