

учетом наличия утепления на нижней и верхней горизонтальных поверхностях образца. Поэтому рассмотренное сечение (рис. 2б) является условным, для которого нельзя осуществить точную привязку значений температур, полученных из модели, к аналогичным данным, полученным в ходе натурного эксперимента в разных точках образца. С другой стороны, если рассмотреть модель прогрева образца в виде его вертикального сечения, проходящего через точку T1 (рис. 2в), то в этом случае не будет учитываться наличие вертикальных участков провода, и значения температуры в центре образца по модельным данным еще больше будут различаться с экспериментальными.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что расхождение между экспериментальными и

модельными температурными данными присутствуют, и они вызваны в первую очередь тем, что при построении модели в виде двумерного сечения не учитывается значительная для небольших размеров образца часть греющего провода. Поэтому в будущем может потребоваться экспериментальная проверка численных моделей на примере реальных строительных конструкций, для которых из-за значительных размеров пренебрежение частью провода при построении характерного сечения конструкции не будет сказываться на температурных данных.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Звереву Олегу Михайловичу, к. т. н, доценту кафедры общей физики ПНИПУ за помощь в организации эксперимента.

### Список литературы

1. Гнам П. А. Технологии зимнего бетонирования в России / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 9 (48). – С. 7–25.
2. Tuo Shi. Temperature Field of Concrete Cured in Winter Conditions Using Thermal Control Measures / Tuo Shi, Chunlin Deng, Jiaqi Zhao, Pingxiang Ding, Zhihong Fan // Advances in Materials Science and Engineering. – 2022. – DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7255601>.
3. Yong Zeng. Study on early-age thermal field of single-cell box girder concrete cured with electric heating furnaces / Yong Zeng, Yutong Zeng, Dong Jiang, Shanhong Liu // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2022. – № 147. – P. 2701–2714. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-021-10565-0>.
4. Дербасова Е. М. Исследование температурных режимов ускоренного твердения монолитных конструкций, возводимых в условиях отрицательных температур / Е. М. Дербасова, Е. М. Бялецкая, М. В. Вереин, Р. М. Дуафи // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2 (32). – С. 21–27.
5. Шихирева Ю. В., Оборский Г. А., Савельева О. С. Особенности проектирования и управления процессами нагрева твердеющего железобетона внутренними источниками тепла / Ю. В. Шихирева, Г. А. Оборский, О. С. Савельева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, № 5 (68). – С. 20–24.
6. Физические величины : справ. / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; под ред. : И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
7. Дворкин Л. И. Испытания бетонов и растворов. Проектирование их составов / Л. И. Дворкин, В. И. Гоц, О. Л. Дворкин. – М. : Инфра-Инженерия, 2014. – 432 с.
8. Нияковский А. М. Разработка математической модели процесса твердения бетона на основе трехмерного уравнения теплопроводности / А. М. Нияковский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 16. – С. 72–79.
9. Shahriar Abubakri. Electric curing parameters of mortar and its mechanical properties in cold weather / Shahriar Abubakri, P. S. Mangat, Vincenzo Starinieri, Gilson R. Lomboy // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 314, part A. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125615>.

© С. В. Леонтьев, А. А. Талейко

### Ссылка для цитирования:

Леонтьев С. В., Талейко А. А. Сравнение температурных полей монолитных железобетонных конструкций, получаемых в результате экспериментального и численного моделирования процесса электропрогрева бетона // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 50–54.

УДК 69.05

DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-54-58

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

С. Х. Байрамуков, З. Н. Долаева

**Байрамуков Салис Хамидович**, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и управления недвижимостью, Северо-Кавказская государственная академия, г. Черкесск, Российская Федерация, тел.: + 7 (8782) 29-35-51; e-mail: [salis\\_pochta@mail.ru](mailto:salis_pochta@mail.ru);

**Долаева Зурьят Ньюжуровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и управления недвижимостью, Северо-Кавказская государственная академия, г. Черкесск, Российская Федерация, тел.: + 7 (8782) 29-35-51; e-mail: [dolaeva.zu@mail.ru](mailto:dolaeva.zu@mail.ru)

В современном мире оптимальное планирование строительного производства является актуальной практической и научной задачей. Достаточно сложно наладить ресурсный баланс, требуется оперативно регулировать пространственно-

временные параметры планирования строительного процесса. Предложена модель математического программирования, позволяющая оптимизировать процесс строительного производства, которая представляет собой смешанную нелинейную математическую модель. Предлагается использовать свойства экспоненциальной функции, чтобы ее линеаризовать и преобразовать в модель линейного программирования. Разработанная математическая модель позволяет сократить продолжительность работ и возможные задержки, снизить затраты, повысить энергоэффективность и, в целом, способствует повышению надежности процесса.

**Ключевые слова:** математическая модель, планирование, строительное производство, организационно-технологические решения, энергосбережение, оптимизация, линейное программирование, ограничения ресурсов, надежность.

## MODELING OF CONSTRUCTION PRODUCTION TAKING INTO ACCOUNT RESOURCE CONSTRAINTS AND ENERGY SAVING

*S. Kh. Bayramukov, Z. N. Dolayeva*

**Bayramukov Salis Khamidovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction and Real Estate Management, North-Caucasian State Academy, Cherkessk, Russian Federation, phone: + 7 (8782) 29-35-51; e-mail: salis\_pochta@mail.ru;

**Dolayeva Zuryat Nyuzurovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Real Estate Management, North-Caucasian State Academy, Cherkessk, Russian Federation, phone: + 7 (8782) 29-35-51; e-mail: dolaeva.zu@mail.ru

In the modern world, optimal planning of construction production is an urgent practical and scientific task. It is quite difficult to establish a resource balance, it is necessary promptly adjust the spatial and temporal parameters of the planning of the construction process. A mathematical programming model proposed that allows optimizing the process of construction production, which is a mixed nonlinear mathematical model. It proposed to use the properties of an exponential function to linearize it and transform it into a linear programming model. The developed mathematical model makes it possible to reduce the duration of work and possible delays, reduce costs, and increase energy efficiency and, in general, contributes to improving the reliability of the process.

**Keywords:** mathematical model, planning, construction production, organizational and technological solutions, energy saving, optimization, linear programming, resource constraints, reliability.

В современном мире вопрос оптимизации строительного производства изучался и разрабатывался с различных аспектов, но, в свою очередь, нуждается в обновленном подходе к организации, планированию и управлению. Задачи оптимизации строительного производства за счет своей специфики являются сложными в описании и последующем решении, что не дает в полной мере использовать успешные методики из других направлений экономики [1, 2].

Определяющей особенностью строительного производства является стационарное состояние объектов строительства и динамичность используемых ресурсов. Поэтому достаточно сложно наладить ресурсный баланс, требуется оперативно регулировать пространственно-временные параметры планирования строительного процесса. Строительное производство испытывает значительное влияние внешних факторов (детерминированные сезонные и суточные воздействия, определяющие последовательность ряда технологических процессов, и случайные климатические факторы, порождающие, риски отклонений от графика выполнения работ). Часто возникающие на практике проблемы с задержками и отставаниями от графика работ, приводящими к экономическим потерям, определяют актуальность выбранной тематики [1, 3, 4].

В целом задача планирования строительного производства заключается в поиске подходящей выборки работ, учитывая такие ограничения, как ограничения приоритетности и различные типы ограничений ресурсов в строительном проекте. Для этого необходимо определить критерии влияния, включая время реализации проекта, затраты, количество отложенных действий и их причины [4–6]. Использование линейных и нелинейных моделей при планировании строительного

производства позволяет прогнозировать развитие процесса, подробнее исследовать возможные риски.

С целью оптимизации строительного производства в работе предложена математическая модель и сформулированы необходимые ограничения, в том числе ограничения ресурсов [3, 4]. На рисунке 1 представлен обобщенный алгоритм моделирования строительного производства.

Для постановки задачи оптимизации и определения модели, необходимо собрать основные данные и исключить второстепенные. Для этого определяются основные множества, переменные и параметры, используемые в этом исследовании (табл.). Ресурсы условно разделим на возобновляемые и невозобновляемые. Дополнительно модель будет регулировать продолжительность каждого действия в проекте, минимальное количество задержек в проекте планирования рассчитывается в оптимальном состоянии после определения решения проблемы. Следует отметить, что основной целью данной задачи является минимизация количества задержек в планировании строительного производства и в то же время оптимальное принятие указанных решений [2, 5, 7].

*Целевая функция* описывается как функция минимизации задержек в строительном производ-

$$\text{стве: } f(x) = \sum_{t=e_{n+1}}^{l_{n+1}} t \cdot x_{n+1,1,t} \rightarrow \min .$$

Переменные:

$$x_{i,m,t} = \begin{cases} 1, & \text{если действие } i \text{ начинается в состоя-} \\ 0 & \end{cases}$$

нии  $m$  и в момент времени  $t$ .

$Y_{k,a',t,N'}^r = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-й возобновляемый ресурс} \\ 0, & \end{cases}$   
 $a'$  в  $t$ -й день необходимо в количестве  $N'$ , хотя на момент начала строительства было достаточно [3, 8].

Далее сформулированы ограничения базовой модели задачи планирования строительного производства с ограниченными ресурсами:

$$\sum_{m=1}^{M_i} \sum_{t=e_z}^{I_{z_i}} (t + d_{i,m}) \cdot x_{i,m,t} \leq \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=e_z}^{I_{z_j}} t \cdot x_{j,m,t}, \quad \forall (i, j) \in A. \quad (1)$$



Рис. 1. Процесс моделирования

Таблица

**Основные параметры моделирования**

Параметр(переменная)	Обозначение
Общая стоимость	$S$
Задержки	$Z$
Надежность	$R$
Время	$t$
Энергосбережение	$E$
Количество $k$ возобновляемых ресурсов на $t$ -й день	$N_{k,t}^r$
Единицы, требуемые от $k$ -го возобновляемого ресурса ( $K \in R$ ).	$r_{i,m,k}^r$
Количество $k$ -ых возобновляемых источников	$a_k^n$
Единицы, требуемые от $l$ -го невозобновляемого ресурса ( $I \in R^n$ )	$r_{i,m,l}^r$
Количество $l$ -х невозобновляемых ресурсов	$a_l^n$
Надежность (вероятность наличия) $k$ -го возобновляемого ресурса в необходимом количестве в $t$ -й день	$R_{k,t}^r$
Вероятность наличия $k$ -го возобновляемого ресурса	$P_k^r$
Верхний предел $k$ -го возобновляемого ресурса	$u_k^r$
Нижний предел $k$ -го возобновляемого источника	$l_k^r$
Стоимость единицы возобновляемого ресурса	$s_k^r$
Стоимость единицы невозобновляемого ресурса во все дни и всех доступных расходуемых ресурсов	$s_k^n$
Переменная, описывающая задержки в производстве работ	$x_{i,m,t}$
Переменная, вводимая для линеаризации функции	$Y_{k,a',t,N'}^r$
Продолжительность выполнения деятельности $i$ в состоянии $t$	$d_{i,m}$

Ограничение (1) показывает последовательность выполнения действий с учетом их предварительных ограничений без задержек. Ограничение (2) гарантирует, что каждое действие выполняется

в одном режиме и одновременно затрачивая ресурсы на выполнение этого действия. Ограничения (3)–(4) указывают на ограничение доступности возобновляемых и невозобновляемых ресурсов [2, 9].

$$\sum_{m=1}^{M_i} \sum_{t=e_{z_i}}^{I_{z_i}} x_{i,m,t} = 1, \forall i \in N, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{M_i} r_{i,m,k}^r \sum_{z=\max(t-d_{i,m}, e_{z_i})}^{\min(t-1, I_{z_i})} x_{i,m,z} \leq a_k^r, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{M_i} r_{i,m,l}^n \sum_{t=e_{z_i}}^{I_{z_i}} x_{i,m,t} \leq a_l^n, \forall l \in R^n, \quad (4)$$

$$x_{i,m,t} \in \{0,1\}, \forall i \in N \wedge m = \overline{1, M_i}, t = \overline{1, T}.$$

Далее скорректируем модель с учетом функции надежности в отношении доступности возобновляемых ресурсов. Нелинейная многокритериальная модель выглядит следующим образом:

$$S \rightarrow \min, Z \rightarrow \min, R \rightarrow \max, E \rightarrow \max.$$

Целевая функция теперь определяется как многоцелевая функция минимизации затрат и временных задержек, максимизации функции надежности и энергоэффективности [1, 6, 7]. Ограничения (1), (2) являются базовыми сохраняются. Ограничения (5) и (6) получены из (3) и (4) соответственно.

$$N_{k,t}^r = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{M_i} r_{i,m,k}^r \sum_{z=\max(t-d_{i,m}, e_{z_i})}^{\min(t-1, I_{z_i})} x_{i,m,z}, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, \quad (5)$$

$$N_{k,t}^r \leq a_k^r, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}. \quad (6)$$

Ограничение (7) является внутренним ограничением  $k$ -го возобновляемого ресурса, которое находится между верхним и нижним пределами:

$$L_k^r \leq a_k^r \leq U_k^r, \forall k \in R^r, \quad (7)$$

а ограничение (8) является ограничением доступа к невозобновляемым ресурсам:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{M_i} r_{i,m,l}^n \sum_{t=e_{z_i}}^{I_{z_i}} x_{i,m,t} \leq a_l^n, \forall l \in R^n. \quad (8)$$

Ограничение (9) связано с надежностью проекта и выражает возможность доступности и выбора возобновляемых ресурсов из существующих ресурсов с биномиальным распределением:

$$R_{k,t}^r = \sum_{g=N^r}^{a_k^r} \binom{a_k^r}{g} \cdot (p_k^r)^g \cdot (1-p_k^r)^{a_k^r-g}, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}. \quad (9)$$

Выражение (10) показывает общие временные задержки. Выражение (11) представляет собой общую стоимость проекта, которая представляет собой сумму затрат на возобновляемые и невозобновляемые ресурсы. Выражение (12) указывает на общую надежность проекта.

$$Z = \sum_{t=e_{z_{n+1}}}^{I_{z_{n+1}}} t x_{n+1,1,t}, \quad (10)$$

$$S = \sum_{i=1}^T \sum_{k \in R^r} S_k^r \cdot a_k^r + \sum_{i=1}^T \sum_{m=1}^{M_i} \sum_{l \in R^n} S_l^n \cdot r_{i,m,l}^n \cdot x_{i,m,t} - \sum_{i=1}^n E_i, \quad (11)$$

$$R = \prod_{i=1}^T \prod_{k \in R^r} R_{k,t}^r, x_{i,m,t} \in \{0,1\}, \forall i \in N, i$$

$$m = \overline{1, M_i}, t = \overline{1, T}, a_k^r \in Z, \forall k \in R^r. \quad (12)$$

Эта модель является нелинейной из-за ограничений (9) и (12), необходимо эти функции линеаризовать. Для этого используется экспоненциальная функция, и вводится новая переменная в модель [9–11].

Линеаризация заключается в следующем:

$$L_n(R) = L_N \left( \prod_{t=1}^T \prod_{k \in R^r} R_{k,t}^r \right) = \sum_{t=1}^T \sum_{k \in R^r} L_n(R_{k,t}^r) \quad (13)$$

$$Y_{k,a',t,N'}^r = L_n(R_{k,t}^r) \text{ при } a_k^r = a' \wedge N_{k,t}^r = N',$$

$$Y_{k,a',t,N'}^r = \ln \left( \sum_{g=N^r}^{a'} \binom{a'}{g} \cdot (p_k^r)^g \cdot (1-p_k^r)^{a'-g} \right),$$

$$\forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, a' = \overline{L_k^r, U_k^r}, N' = \overline{0, a'}. \quad (14)$$

Заменяя (9), (12) на ограничения (15)–(19), модель преобразуется в линейную [12–15].

$$R = \sum_{t=1}^T \sum_{k \in R^r} \sum_{a'=L_k^r}^{U_k^r} \sum_{N'=a'}^{a'} \gamma_{k,a',t,N'}^r \cdot y_{k,a',t,N'}^r, \quad (15)$$

$$\sum_{a'=L_k^r}^{a'} \sum_{N'=0}^{a'} y_{k,a',t,N'}^r = 1, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, \quad (16)$$

$$\sum_{a'=L_k^r}^{a'} \sum_{N'=0}^{a'} y_{k,a',t,N'}^r \cdot N' = N_{k,t}^r, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, \quad (17)$$

$$\sum_{a'=L_k^r}^{a'} \sum_{N'=0}^{a'} y_{k,a',t,N'}^r \cdot a' = a_k^r, \forall k \in R^r \wedge t = \overline{1, T}, \quad (18)$$

$$x_{i,m,t} \in \{0,1\}, \forall i \in N, m = \overline{1, M_i}, t = \overline{1, T}, a_k^r \in Z, \forall k \in R^r. \quad (19)$$

На рисунке 2 изображен алгоритм разработки предложенной математической модели.

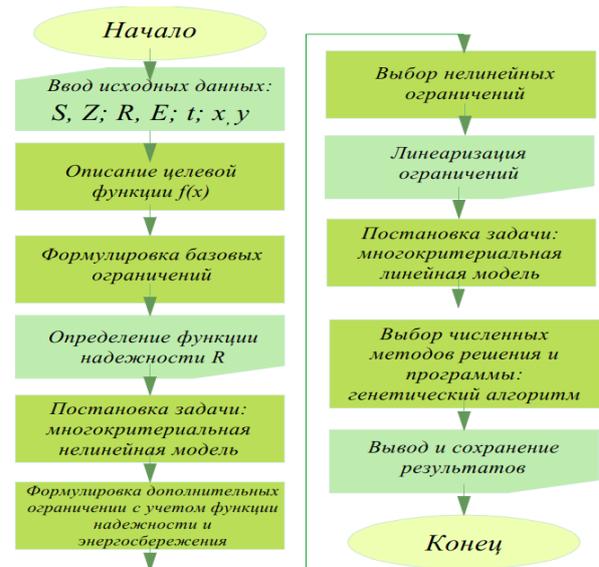


Рис. 2. Алгоритм разработки математической модели оптимизации строительного производства

### Заключение

Таким образом, предложена многокритериальная модель оптимизации строительного производства, позволяющая сократить продолжительность работ и возможные задержки, снизить затраты, повысить энергоэффективность и, в целом, она способствует повышению надежности процесса. Модель учитывает многокритериальные функции стоимости, времени и надежности. Ограничения, связанные с надежностью, привели к нелинейности модели, которые были преобразованы в линейный вид. Модель оптимизации строительного производства учитывает ряд показателей и условий, поэтому для ее решения предлагается использование

комплекса методов: генетический алгоритм, методы динамического программирования и статистические методы. В дальнейших исследованиях планируется провести сравнительный анализ

результатов использованных методов на достоверность и точность, а также ввод в модель нового критерия – качества строительно-монтажных работ.

#### Список литературы

1. Мищенко В. Я. Стохастические алгоритмы в решении многокритериальных задач оптимизации распределения ресурсов при планировании строительно-монтажных работ / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов, А. А. Тихоненко, Р. В. Старцев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1 (25). – С. 92–97.
2. Yuan Y. Multi-objective multimode resource-constrained project scheduling with fuzzy activity durations in prefabricated building construction / Y. Yuan, S. Ye, L. Lin, M. Gen // Computers & Industrial Engineering. – 2021. – Vol. 158, – Article ID 107316,
3. Байрамуков С. Х. Математическая постановка оптимизационной задачи моделирования процессов обновления жилищного фонда с учетом динамики экономических показателей / С. Х. Байрамуков, З. Н. Долаева // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3236](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2015/3236).
4. Казарян Р. Р. Моделирование организационно-технологической надежности при оптимизации обслуживающих подсистем строительного производства / Р. Р. Казарян // Промышленное и гражданское строительство. – 2004. – № 6. – С. 61.
5. Воробович Н. П. Математические модели задач календарного планирования в строительных организациях / Н. П. Воробович // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – № 3. – С. 44–49.
6. Мищенко В. Я. Обоснование целесообразности использования генетических алгоритмов при оптимизации распределения ресурсов в календарном планировании строительства / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов, А. А. Тихоненко // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 10. – С. 71–73.
7. Liu S.-S. Optimizing project selection and scheduling problems with time-dependent resource constraints / S.-S. Liu, C.-J. Wang // Automation in Construction. – 2011. – Vol. 20, № 8. – P. 1110–1119,
8. Сычев С. А. Многофункциональная оптимизация в технологии высокоскоростного модульного строительства / С. А. Сычев // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 4 (57). – С. 99–104.
9. Суворов А. П. Решение задач организации строительства методом линейного программирования / А. П. Суворов // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 7. – URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n7y2020/6538](http://ivdon.ru/magazine/archive/n7y2020/6538).
10. Кремер О. Б. Программная реализация решения оптимизационных задач методом генетического алгоритма / О. Б. Кремер, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 21–24.
11. Zhang H. Particle swarm optimization-based schemes for resource-constrained project scheduling / H. Zhang, X. Li, H. Li, F. Huang // Automation in Construction. – 2005. – Vol. 14, № 3. – P. 393–404,
12. Журавлев П. А. Особенности предпроектных проработок в инвестиционно-строительной деятельности (Часть 1) / П. А. Журавлев, А. М. Марукян // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 10–16.
13. Bayramukov S. H. Multi-criteria energy saving measures evaluation at the organizational and technological design stage / S. H. Bayramukov, Z. N. Dolaeva, T. A. Khezhev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – № 698(2). – P. 022067.
14. Ишин А. В. Развитие методов технологии и организации строительного производства для решения проблем энергоэффективности / А. В. Ишин, А. А. Лапидус, В. И. Теличенко, Д. К. Туманов, М. Н. Ершов, П. П. Олейник, О. А. Фельдман // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 2. – С. 10–16.
15. Грабовый П. Г. Перспективы развития организации инновационно-технологического строительства жилья на региональном уровне / П. Г. Грабовый, Е. А. Гусакова, А. М. Крыгина // Недвижимость: экономика, управление. – 2013. – № 2. – С. 14–19.

© С. Х. Байрамуков, З. Н. Долаева

#### Ссылка для цитирования:

Байрамуков С. Х., Долаева З. Н. Моделирование строительного производства с учетом ограничения ресурсов и энергосбережения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 1 (47). С. 54–58.

УДК 691.322

DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-58-62

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Л. Н. Лисиенкова, Л. С. Носова*

**Лисиенкова Любовь Николаевна**, доктор технических наук, профессор кафедры энергетических и гидротехнических сооружений, Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (977) 499-35-04; e-mail: [lisienkovaln@mail.ru](mailto:lisienkovaln@mail.ru);

**Носова Людмила Сергеевна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Российская Федерация, тел.: + 7 (351) 216-63-09; e-mail: [nosovals@csru.ru](mailto:nosovals@csru.ru)

Цель работы – выбор лучшего варианта проектного решения на основе квалиметрического анализа. В результате исследований установлены значимые показатели качества объектов, рассчитаны коэффициенты весомости показателей. В практической части выполнен анализ качества строительных материалов для напольного покрытия в помещениях проектируемого здания. Составлена модель качества материала для напольного покрытия в жилых проектируемых помещениях, рассчитан интегральный показатель качества и выбран лучший вариант проектного решения. Разработана методика квалиметрической оценки уровня качества исследованных материалов. Результаты работы рекомендованы в проектные и строительные организации в условиях вариантного проектирования.

**Ключевые слова:** качество, квалиметрия, вариантное проектирование, уровень качества, строительные материалы, напольные покрытия жилых помещений.