



ISSN 1993-3495 online

**СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION**

2021, ТОМ 17, НОМЕР 1, 51–62

УДК 693.2

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ БЕСКАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА ПО МЕТОДУ РАССТАНОВКИ ПРИОРИТЕТОВ

В. В. Таран, Р. О. Кострыкин

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.
E-mail: v.v.taran@donnasa.ru*

Получена 05 марта 2021; принята 26 марта 2021.

Аннотация. Возведение вертикальных конструкций бескаркасных зданий в зимний период в условиях Донбасса производится с учетом влияния основных факторов, рассматриваемых в статье, позволяющих применять наилучшие технологические решения с наименьшими затратами труда и времени. В статье рассмотрен порядок оценки качества выполнения функций по методу расстановки приоритетов. Приведены критерии отбора по сравниваемым вариантам. Представлен алгоритм определения комплексного приоритета одного из вариантов перед всеми сравниваемыми по совокупности критериев. Представлены диаграммы рангов факторов критериев по результатам проведенных экспертных опросов. Согласно рассмотренным критериям определен вариант с наибольшим количеством комплексных приоритетов. Парное сравнение с использованием алгоритма по методу расстановки приоритетов даёт возможность проанализировать и сравнить основные показатели по материалоемкости и трудоёмкости процесса возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимний период в условиях Донбасса.

Ключевые слова: бескаркасные здания, кирпичная кладка, зимние условия, фактор, критерий, приоритет, технологичность.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗВЕДЕННЯ БЕЗКАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД В УМОВАХ ДОНБАСУ ЗА МЕТОДОМ РОЗТАШУВАННЯ ПРІОРИТЕТІВ

В. В. Таран, Р. О. Кострикін

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.
E-mail: v.v.taran@donnasa.ru*

Отримана 05 березня 2021; прийнята 26 березня 2021.

Анотація. Зведення вертикальних конструкцій безкаркасних будівель в зимовий період в умовах Донбасу виконується з урахуванням впливу основних факторів, що розглянуті в статті, які дозволяють застосовувати найкращі технологічні рішення з найменшими затратами праці та часу. У статті розглянуто послідовність оцінки якості виконання функцій за методом розташування пріоритетів. Наведено критерії відбору за варіантами, що порівнюються. Представлено алгоритм визначення комплексного пріоритету одного з варіантів перед усіма, що порівнюються за сукупністю критеріїв. Представлено діаграми рангів факторів критеріїв за результатами проведених експертних опитувань. Згідно з розглянутими критеріями визначено варіант з найбільшою кількістю комплексних пріоритетів. Парне порівняння з використанням алгоритму за методом розташування пріоритетів дає можливість виконати аналіз та

порівняти основні показники щодо матеріалоємності та трудомісткості процесу зведення несучих стін безкаркасних будинків в зимовий період в умовах Донбасу.

Ключові слова: безкаркасні будинки, цегляна кладка, зимові умови, фактор, критерій, пріоритет, технологічність.

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE CONSTRUCTION OF FRAMELESS BUILDINGS IN THE WINTER PERIOD IN THE CONDITIONS OF THE DONBAS BY THE METHOD OF PRIORITIZATION

Valentina Taran, Rostislav Kostrykin

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: v.v.taran@donnasa.ru

Received 05 March 2021; accepted 26 March 2021.

Abstract. The construction of vertical structures of frameless buildings in the winter period in the conditions of the Donbas is carried out taking into account the influence of the main factors considered in the article, which allow using the best technological solutions with the least labor and time costs. The article describes the procedure for assessing the quality of performance of functions by the method of prioritization. The selection criteria for the compared options are given. An algorithm for determining the complex priority of one of the options over all those compared by a set of criteria is presented. Digrams of the ranks of the criteria factors based on the results of expert surveys are presented. According to the considered criteria, the option with the greatest number of complex priorities is determined. Pairwise comparison using the algorithm based on the method of prioritization makes it possible to analyze and compare the main indicators for the material and labor intensity of the process of erecting load-bearing walls of frameless buildings in the winter period in the conditions of the Donbas.

Keywords: frameless buildings, brickwork, winter conditions, factor, criterion, priority, manufacturability.

Актуальность и постановка проблемы

Актуальность темы подтверждается высоким распространением в строительстве решений, основанных на применении мелкоштучных материалов как для заполнения каркаса монолитных зданий, так и для возведения бескаркасных.

Определяющая трудность при ведении зимней кладки заключается в замерзании цементной массы, а именно воды, содержащейся в ней. Такое обстоятельство нарушает нормальные процессы гидратации, и прочность раствора теряет примерно 1/4 от требуемой нормы. Это приводит к неполноценному сцеплению строительных элементов, что напрямую сказывается на общей устойчивости здания. Следовательно, это может повлечь неприятные последствия.

Поскольку трудоёмкость во время монтажных работ сказывается на общих сроках возведения конструкций [5], применение рациональных методов возведения вертикальных несущих конструкций в зимних условиях значительно повышает технологичность самого строительства.

Исследованию вопросов технологичности возведения бескаркасных зданий при отрицательных температурах, а также необходимых мероприятий в период ведения работ и в период оттаивания каменной кладки посвящены работы М. Н. Ершова, А. А. Лapidуса, В. И. Теличенко, И. И. Ищенко, Джона Коллинсона, Г. А. Левочкина, А. Ю. Сапкова и других ученых [6–10]. Учеными установлено, что оптимальная температура выполнения монтажно-кладочных работ

не должна быть ниже $+5^{\circ}\text{C}$. При понижении температуры необходимо применять специальные методы ведения работ. Также в период повышения температуры наружного воздуха, при оттаивании несущих конструкций необходимо вести контроль по обеспечению проектного положения стен здания. Следует отметить, что все исследования посвящены описанию методов ведения работ при определенной температуре наружного воздуха. При этом не указываются факторы, которые имеют наибольшее влияние при изменении параметра температуры.

При рассмотрении вопросов технологии и организации работ при возведении вертикальных конструкций бескаркасных зданий необходимо обращать внимание на факторы, влияющие на снижение энергоемкости, трудоемкости, и в конечном итоге на снижение стоимости строительной конструкции.

Цель исследования

Проведение исследования определения факторов, имеющих наибольшее влияние на технологический процесс по возведению несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях Донбасса, для дальнейшего руководства выделенными факторами при принятии решения выбора наиболее технологичного метода по возведению бескаркасных зданий в зимний период.

Основной материал

Донбасс расположен во II климатическом районе. Ему характерен умеренно-континентальный климат. Наиболее холодный месяц – январь. В

холодное время года преобладает Азиатский антициклон. Климат неустойчив, так как равнинная местность способствует свободному продвижению атлантических, арктических и континентальных воздушных масс, морозы часто сменяются оттепелями. Средняя температура воздуха зимой $-10...-15^{\circ}\text{C}$. Наблюдаются иногда морозы до $-41,9^{\circ}\text{C}$. На рисунке 1 приведена диаграмма минимальной температуры месяца за 2019 год [11].

Зимнее время считается не самым лучшим периодом для выполнения строительных работ. Но бывают ситуации, когда консервация стройки может привести к значительным разрушениям. Зимой наиболее трудоемко выполнять кладку кирпича, однако даже эта задача вполне выполнима. При возведении бескаркасных зданий в данный период в условиях Донбасса необходимо учитывать факторы снижения температуры воздуха до -22°C и возможные осадки в виде снега. Подобные явления сильно сказываются на качестве кирпичной кладки при несоблюдении технологии выполнения работ для данного сезона.

Существуют различные организационно-технологические решения по возведению вертикальных конструкций в зимний период в условиях Донбасса. Сравнение технологий возведения приведет нас к принятию решения и выбора: какой из рассматриваемых методов выполнения каменной кладки в зимний период является наиболее экономичным, эффективным, наименее материалоемким и энергоёмким.

В настоящее время каменные работы в зимних условиях выполняют следующими способами, указанными на рисунке 2.

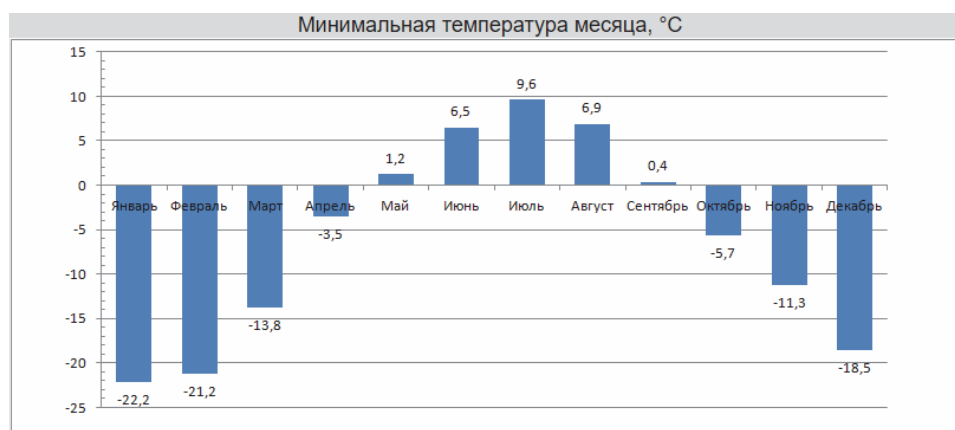


Рисунок 1. Диаграмма распределения минимальных температура по месяцам за 2019 г.



Рисунок 2. Схема методов выполнения каменной кладки в зимний период.

Рассмотрим в виде блок-схемы основные факторы (рисунок 3), оказывающие непосредственное влияние на параметры технологического процесса возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях и проанализируем их.

Анализ объемно-планировочных и конструктивных решений бескаркасного здания показал, что диапазон изменения фактора $\Phi_{1,1}$ принят по расположению несущих конструкций относительно друг друга. Размеры ячеек расположения стен рассматриваются в пределах 4...6 м. Эти размеры непосредственно связаны с сечением вертикальных конструкций (фактор $\Phi_{2,2}$) и являются взаимозависимыми, поэтому в дальнейших исследованиях рассматривается только две группы факторов – размеры ячеек расположения стен $\Phi_{1,1}$ и сечение стен $\Phi_{2,2}$.

Фактор высоты этажа в свете $\Phi_{1,3}$ важен с учетом этого, на сколько ярусов будет делиться стена для выполнения работ. Наиболее распространенными высотами этажей в гражданских и жилых бескаркасных зданиях являются 2,7...3,3 м.

Принципиальное значение для использования различных методик возведения имеет конструктивная схема здания (фактор $\Phi_{2,1}$).

Факторы $\Phi_{2,3}$ и $\Phi_{2,4}$ необходимо рассматривать для определения продолжительности и трудоемкости процесса возведения стен бескаркасных зданий.

Оптимальные размеры захватки $\Phi_{3,1}$ принимаются из принципа возведения нескольких одинаковых участков стен на протяжении одной смены. Предпочтительным при выборе размеров захватки является принцип поточности работ с минимальным количеством захваток $\Phi_{3,2}$. Также на наличие подмостей и уровня монтажа оказывает влияние отметка уровня возведения стен ($\Phi_{3,4}$).

При ведении строительно-монтажных работ на качество, сроки возведения строительной продукции влияние оказывают и климатические условия производства работ. В зависимости от температуры наружного воздуха $\Phi_{4,1}$, и количества выпадающих осадков $\Phi_{4,2}$ вводятся ограничения на ведение работ на высоте при порывах ветра, сварочных работ, процесса нанесения раствора при температуре ниже 5°C и средней влажности менее 50%. Таким образом, группа факторов Φ_4 в зависимости от климатических условий изменяет продолжительность, трудоемкость и, следовательно, влияет на конечную стоимость строительной продукции.

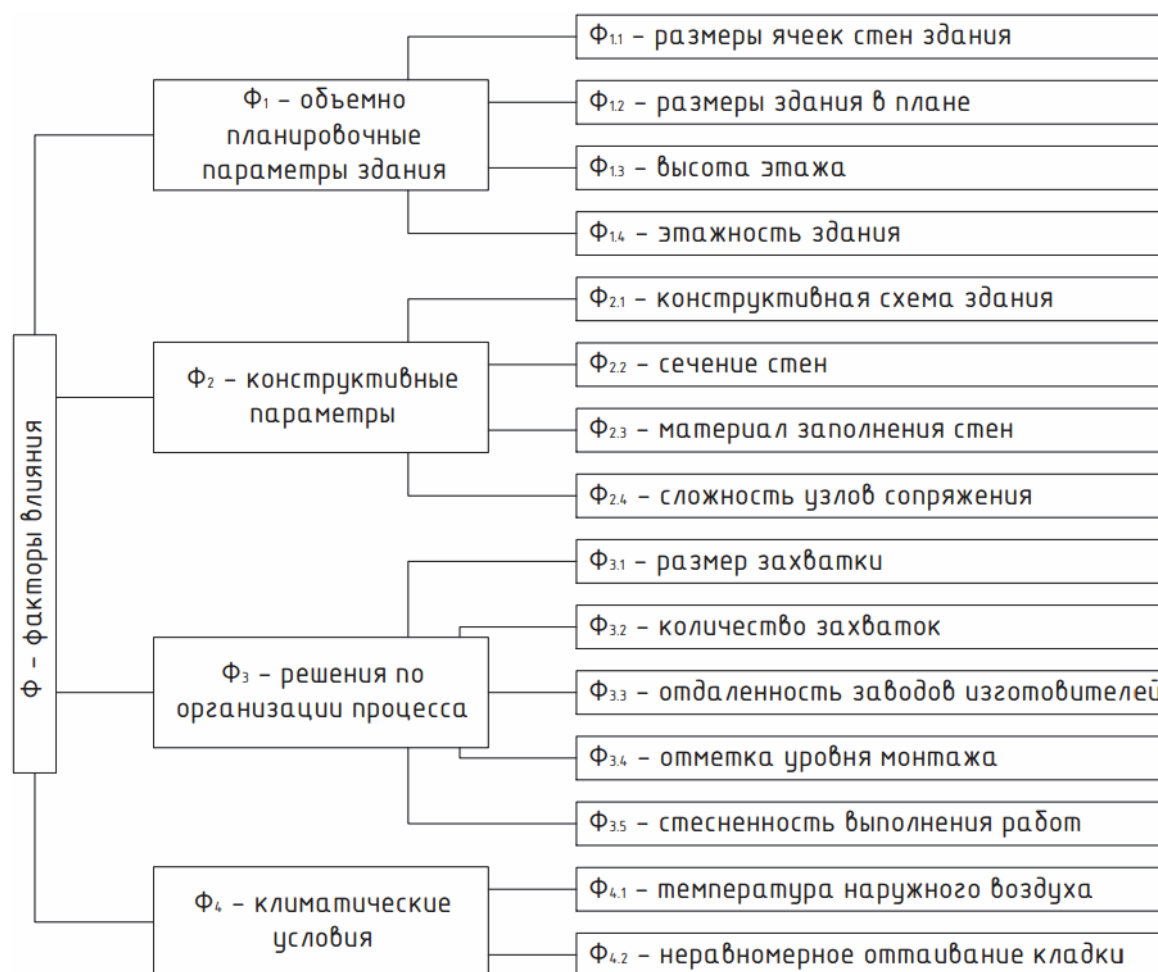


Рисунок 3. Факторы, оказывающие влияние на параметры технологического процесса возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях.

Мероприятия в период оттаивания кладки (фактор $\Phi_{4.2}$):

1. По окончании кладки каждого этажа необходимо устанавливать контрольные рейки и вести по ним наблюдения за осадкой стен в зимний и весенний периоды.
2. С наступлением теплой погоды – разгрузить перекрытия от строительного мусора, раскрепить свободно стоящие столбы, простенки и стены, имеющие высоту, превышающую их толщину более чем в шесть раз.
3. Наблюдения за состоянием кладки осуществлять в течение всего периода оттаивания, длительность которого составляет для наружных стен 7...10 дней после наступления круглосуточных положительных температур.

Анализируя вышеизложенное, делаем вывод, что на изменение параметров технологии возведе-

ния несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях существенно оказывают влияние следующие факторы: $\Phi_{1.1}$ – размеры ячеек стен здания; $\Phi_{1.3}$ – высота этажа; $\Phi_{1.4}$ – этажность здания; $\Phi_{2.1}$ – конструктивная схема; $\Phi_{2.2}$ – сечение стены; $\Phi_{3.1}$ – размер захватки; $\Phi_{3.2}$ – количество захваток на этаже; $\Phi_{3.3}$ – отдаленность заводов изготовителей; $\Phi_{4.1}$ – температура наружного воздуха; $\Phi_{4.2}$ – количество осадков.

Повышения эффективности выполнения работ по возведению несущих стен бескаркасных зданий можно достигнуть путем предварительного анализа основных параметров, таких как материалоемкость и трудоемкость, находящихся в непосредственной зависимости от рассмотренных и отобранных факторов и влияющих на конечный результат технологического процесса – возведение несущих конструкций здания в заданные сроки.

Для рассмотренных конструктивных и технологических решений возведения вертикальных конструкций бескаркасных зданий отсутствует методика их выбора, в связи с чем для проведения исследований необходимо отобрать объекты представителей. Для дальнейших исследований обратимся к известной методике отбора вариантов по методу расстановки приоритетов [12].

Предлагаемая к использованию методика выбора варианта по методу расстановки приоритетов позволяет проанализировать выбранные варианты и выбрать из них наиболее предпочтительный для исследования.

Используемая методика расстановки приоритетов позволяет поэтапно выявить из рассматриваемых вариантов наименее эффективные, таким образом упрощая выбор наиболее технологического решения.

Метод расстановки приоритетов служит для многокритериального качественного анализа на основе экспертизы вариантов построения объектов. Анализ предусматривает попарно сопоставление объектов по принципу «лучше», «хуже», «равно» с использованием специального алгоритма обработки полученных данных.

Для решения многокритериальных задач используется метод, основанный на идее выявления предпочтений одновременно с исследованием допустимого множества действий для отыскания эффективных решений.

Алгоритм реализации методики заключается в следующем:

1. Вначале определяется число сравниваемых вариантов x_j :

$$x_1, x_2 \dots x_j \dots x_n,$$

где n – число рассматриваемых вариантов.

2. На втором этапе определяются критерии отбора k_r вариантных решений:

$$k_1, k_2 \dots k_r \dots k_m,$$

где m – число рассматриваемых критериев оценки принятых решений, влияющих на снижение материалоемкости и стоимости строительной продукции.

3. На третьем этапе составляются системы сравнения вариантов по r -му критерию. По парам сравниваются все варианты по принципу: «лучше – знак $>$ », «равно – знак $=$ », «хуже – знак $<$ ».

4. Далее выполняется построение матрицы смежности a_{ij} по r -му критерию.

5. Выбираются системы количественных соотношений:

$$a_{ij} \begin{cases} 1 \text{ при } < \\ 2 \text{ при } = \\ 3 \text{ при } > \end{cases}.$$

6. Введение в матрицу смежности выбранных количественных соотношений: 1 при знаке $<$ «хуже»; 2 при знаке $=$ «равно»; 3 при знаке $>$ «лучше».

7. Суммирование по строкам матрицы и запись результатов в специальную графу.

$$\sum_{i=1}^n a_{ijr},$$

где a_{ijr} – численное значение преимущества i -го варианта перед j -м по r -му критерию.

8. Определение абсолютного приоритета вариантов друг перед другом по r -му критерию с последующей записью.

$$P_{ir}^{abc} = A \times B, \quad (1)$$

где $A = |x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}|$,

$$B = \begin{vmatrix} \sum_1^m a_{1j} \\ \sum_1^m a_{2j} \\ \sum_1^m a_{3j} \end{vmatrix}.$$

9. Определение относительного (нормированного) приоритета вариантов по r -му критерию и запись в следующую специальную графу.

$$P_{ir}^{omni} = \frac{P_{ir}^{abc}}{\sum_{i=1}^n P_{ir}^{abc}}. \quad (2)$$

Причем,

$$\sum_{i=1}^n P_{ir}^{omni} = 1.$$

10. Сопоставление всех вариантов по оставшимся нерассмотренным критериям.

11. Получение системы для сравнения критериев между собой.

12. Построение матрицы смежности для критериев ($k=1 \dots m$).

13. Расчет абсолютных приоритетов критериев друг перед другом:

$$\beta_{ir}^{abc} = A \times B. \quad (3)$$

14. Расчет относительных приоритетов критериев друг перед другом:

$$\beta_{ir}^{omni} = \frac{\beta_{ir}^{abc}}{\sum_{i=1}^n \beta_{ir}^{abc}}. \quad (4)$$

15. Определение комплексных приоритетов вариантов.

$$P_{комі} = \sum_{r=1}^m \beta_r^{омн} P_{ir}^{омн}. \quad (5)$$

Условие выбора – $P_{комі} \rightarrow \max$, где $P_{комі}$ – комплексный приоритет i -го варианта перед всеми альтернативными по совокупности критериев.

Используя методику расстановки приоритетов, из рассматриваемых вариантов выявляются наиболее эффективные варианты конструкций, таким образом упрощая выбор наиболее технологичного решения.

Попарное сравнение с использованием рассмотренного алгоритма по методу расстановки приоритетов даст возможность проанализировать и сравнить основные показатели по материалоемкости, трудоемкости и стоимости процесса возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях Донбасса.

Отобраны и предложены факторы, влияющие на параметры процессов возведения несущих

стен бескаркасных зданий. Выбранные факторы представлены в таблице 1.

В качестве критериев отбора K_r вариантных решений выравнивающих устройств:

K_1 – трудоемкость, чел-час;

K_2 – стоимость, руб.

По парам сравнивались все варианты по принципу: «лучше – знак >», «равно – знак =», «хуже – знак <» и составлялись матрицы смежности с занесением выбранных количественных соотношений по каждому из критериев отбора. По строкам в графы заносятся численные значения преимущества i -го варианта перед j -м по r -му критерию.

Для каждого из критериев выполняется оценка вариантов конструкций выравнивающих устройств с учетом влияния отобранных факторов.

Например, для критерия трудоемкость K_1 выполнена такая оценка вариантов возведения несущих стен бескаркасных зданий (табл. 2), при

Таблица 1. Факторы, влияющие на параметры процессов возведения несущих стен бескаркасных зданий

Обозначение фактора	Факторы влияния
1 – $\Phi_{1.1}$	размеры ячеек стен здания
2 – $\Phi_{1.3}$	высота этажа
3 – $\Phi_{1.4}$	этажность здания
4 – $\Phi_{2.1}$	конструктивная схема здания
5 – $\Phi_{2.2}$	сечение стены
6 – $\Phi_{3.1}$	размер захватки
7 – $\Phi_{3.2}$	количество захваток на этаже
8 – $\Phi_{3.3}$	отдаленность заводов изготовителей
9 – $\Phi_{4.1}$	температура наружного воздуха
10 – $\Phi_{4.2}$	неравномерное оттаивание кладки

Таблица 2. Матрица смежности по критерию трудоемкость (чел-час) K_1

i	j											$\sum_{i=1}^n a_{ijr}$
	№	$\Phi_{1.1}$	$\Phi_{1.3}$	$\Phi_{1.4}$	$\Phi_{2.1}$	$\Phi_{2.2}$	$\Phi_{3.1}$	$\Phi_{3.2}$	$\Phi_{3.3}$	$\Phi_{4.1}$	$\Phi_{4.2}$	
$\Phi_{1.1}$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
$\Phi_{1.3}$	2	3	0	2	3	3	3	3	3	1	3	24
$\Phi_{1.4}$	3	3	2	0	2	3	3	3	3	1	3	22
$\Phi_{2.1}$	4	3	1	2	0	1	1	2	1	1	3	15
$\Phi_{2.2}$	5	3	1	1	3	0	3	3	3	1	3	21
$\Phi_{3.1}$	6	3	1	1	3	1	0	2	3	1	3	18
$\Phi_{3.2}$	7	3	1	1	2	1	2	0	1	3	3	17
$\Phi_{3.3}$	8	3	1	1	3	1	1	3	0	2	2	17
$\Phi_{4.1}$	9	3	3	3	3	3	3	1	2	0	3	24
$\Phi_{4.2}$	10	3	1	1	1	1	1	1	2	1	0	12

этом определяется, какой из факторов оказывает большее влияние на критерий. Рассматриваемая система сравнения вариантов позволяет выполнить попарное сравнение факторов влияния на технологический процесс.

В матрице смежности выбранных количественных соотношений выполняется суммирование по строкам матрицы, результат которого записывается в специальную графу – последний столбец ($\sum_{i=1}^n a_{ijr}$). Таким образом, формируются численные значения i -го варианта перед j -м по критерию трудоемкость K_1 . После, выполнив сравнение факторов по количественным соотношениям, определяется абсолютный приоритет вариантов друг перед другом по r -му критерию по формуле (1).

Для критерия трудоемкости K_1 определены такие абсолютные приоритеты:

$$p_{1r}^{abc} = 0 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 1 \times 15 + 1 \times 21 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 1 \times 17 + 1 \times 24 + 1 \times 12 = 170;$$

$$p_{2r}^{abc} = 3 \times 9 + 0 \times 24 + 2 \times 22 + 3 \times 15 + 3 \times 21 + 3 \times 18 + 3 \times 17 + 3 \times 17 + 1 \times 24 + 3 \times 12 = 395;$$

$$p_{3r}^{abc} = 3 \times 9 + 2 \times 24 + 0 \times 22 + 2 \times 15 + 3 \times 21 + 3 \times 18 + 3 \times 17 + 3 \times 17 + 1 \times 24 + 3 \times 12 = 384;$$

$$p_{4r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 2 \times 22 + 0 \times 15 + 1 \times 21 + 1 \times 18 + 2 \times 17 + 1 \times 17 + 1 \times 24 + 3 \times 12 = 245;$$

$$p_{5r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 3 \times 15 + 0 \times 21 + 3 \times 18 + 3 \times 17 + 3 \times 17 + 1 \times 24 + 3 \times 12 = 334;$$

$$p_{6r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 3 \times 15 + 1 \times 21 + 0 \times 18 + 2 \times 17 + 3 \times 17 + 1 \times 24 + 3 \times 12 = 284;$$

$$p_{7r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 2 \times 15 + 1 \times 21 + 2 \times 18 + 0 \times 17 + 1 \times 17 + 3 \times 24 + 3 \times 12 = 285;$$

$$p_{8r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 3 \times 15 + 1 \times 21 + 1 \times 18 + 3 \times 17 + 0 \times 17 + 2 \times 24 + 2 \times 12 = 280;$$

$$p_{9r}^{abc} = 3 \times 9 + 3 \times 24 + 3 \times 22 + 3 \times 15 + 3 \times 21 + 3 \times 18 + 1 \times 17 + 2 \times 17 + 0 \times 24 + 3 \times 12 = 414;$$

$$p_{10r}^{abc} = 3 \times 9 + 1 \times 24 + 1 \times 22 + 1 \times 15 + 1 \times 21 + 1 \times 18 + 1 \times 17 + 2 \times 17 + 1 \times 24 + 0 \times 12 = 202;$$

$$\sum_{i=1}^n p_{ir}^{abc} = 2993.$$

Определение относительного приоритета вариантов P_r^{omni} по r -му критерию по формуле (2) как отношения абсолютного приоритета каждого из вариантов к сумме $\sum_{i=1}^n P_{ir}^{abc}$.

Например, для критерия трудоемкость K_1 определены такие относительные приоритеты вариантов возведения несущих стен:

$$p_{1r}^{omni} = \frac{170}{2993} = 0,057;$$

$$p_{2r}^{omni} = \frac{395}{2993} = 0,132;$$

$$p_{3r}^{omni} = \frac{384}{2993} = 0,128;$$

$$p_{4r}^{omni} = \frac{245}{2993} = 0,082;$$

$$p_{5r}^{omni} = \frac{334}{2993} = 0,112;$$

$$p_{6r}^{omni} = \frac{284}{2993} = 0,095;$$

$$p_{7r}^{omni} = \frac{285}{2993} = 0,095;$$

$$p_{8r}^{omni} = \frac{280}{2993} = 0,094;$$

$$p_{9r}^{omni} = \frac{414}{2993} = 0,138;$$

$$p_{10r}^{omni} = \frac{202}{2993} = 0,067.$$

При обязательном выполнении следующего условия:

$$\sum_{i=1}^n p_{ir}^{omni} = 1.$$

Данное условие выполняется

В результате проведенных экспертных опросов построена диаграмма рангов факторов по критерию трудоемкости (рис. 4).

Для критерия стоимости K_2 выполнена такая оценка вариантов возведения несущих стен (табл. 3).

Для критерия стоимости K_2 выполняется аналогичный расчет.

В результате проведенных экспертных опросов построена диаграмма рангов факторов по критерию стоимости (рис. 5).

Аналогично, после сравнения критериев выполняется определение абсолютных (расчетных) β_r^{abc} приоритетов критериев по r -му критерию согласно формуле (3).

В соответствии с вышеизложенным алгоритмом определяются относительные (расчетные) β_r^{omni} приоритеты критериев по r -му критерию по формуле (4). При обязательном выполнении следующего условия:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ir}^{omni} = 1, \text{ условие выполняется.}$$

Определение комплексных приоритетов вариантов выполнялось по формуле (5) путем перемножения относительного (расчетного) β_r^{omni}

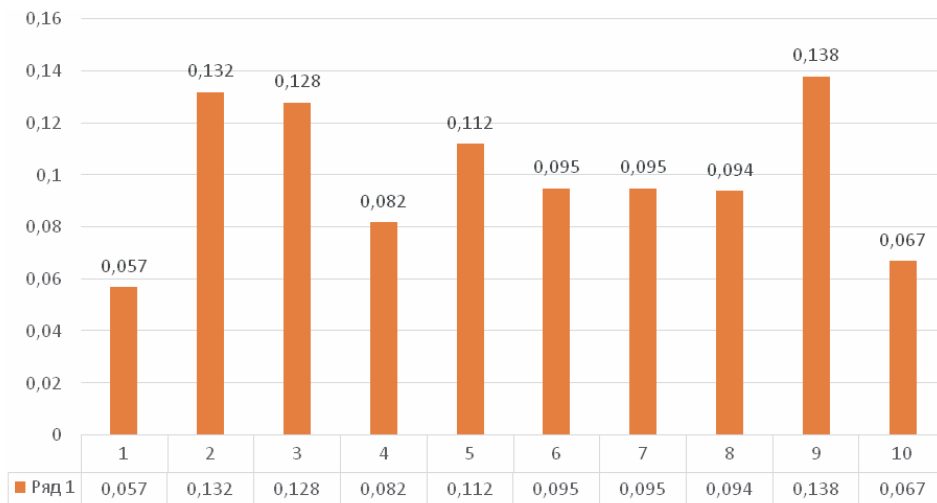


Рисунок 4. Гистограмма рангов факторов для отбора по критерию трудоёмкости.

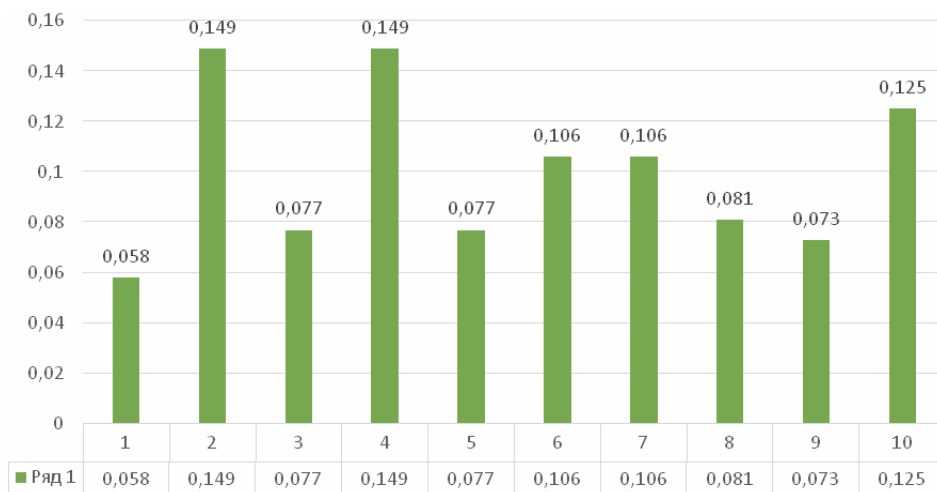


Рисунок 5. Гистограмма рангов факторов для отбора по критерию стоимости.

Таблица 3. Матрица смежности по критерию стоимости (руб) K_2

i	j											$\sum_{i=1}^n a_{ijr}$
	№	$\Phi_{1.1}$	$\Phi_{1.3}$	$\Phi_{1.4}$	$\Phi_{2.1}$	$\Phi_{2.2}$	$\Phi_{3.1}$	$\Phi_{3.2}$	$\Phi_{3.3}$	$\Phi_{4.1}$	$\Phi_{4.2}$	
$\Phi_{1.1}$	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
$\Phi_{1.3}$	2	3	0	3	2	3	3	3	3	3	3	26
$\Phi_{1.4}$	3	3	1	0	1	2	1	1	2	2	1	14
$\Phi_{2.1}$	4	3	2	3	0	3	3	3	3	3	3	26
$\Phi_{2.2}$	5	3	1	2	1	0	1	1	2	2	1	14
$\Phi_{3.1}$	6	3	1	3	1	3	0	2	3	3	1	20
$\Phi_{3.2}$	7	3	1	3	1	3	2	0	3	3	1	20
$\Phi_{3.3}$	8	3	1	2	1	2	1	1	0	3	1	15
$\Phi_{4.1}$	9	3	1	2	1	2	1	1	1	0	1	13
$\Phi_{4.2}$	10	3	1	3	1	3	3	3	3	3	0	23

приоритета критериев на относительный приоритет вариантов $P_r^{отн}$ по r -му критерию.

В результате проведенных экспертных опросов построена диаграмма рангов факторов по комплексному критерию (трудоемкость и стоимость) (рис. 6).

Вывод

Проведенные исследования позволили выделить факторы, которые имеют наибольшее влияние на технологический процесс возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимних условиях

Донбасса, а именно: высота этажа, этажность здания, конструктивная схема здания, размер захватки, температура наружного воздуха, неравномерное оттаивание кладки. Следует отметить, что для критериев трудоемкость, стоимость и продолжительность приоритет этих факторов отличается.

При принятии решения выбора технологии возведения несущих стен бескаркасных зданий в зимний период в условиях Донбасса следует руководствоваться выделенными факторами. Факторы, не принимавшие участия в эксперименте, рассматривались в качестве ограничений.

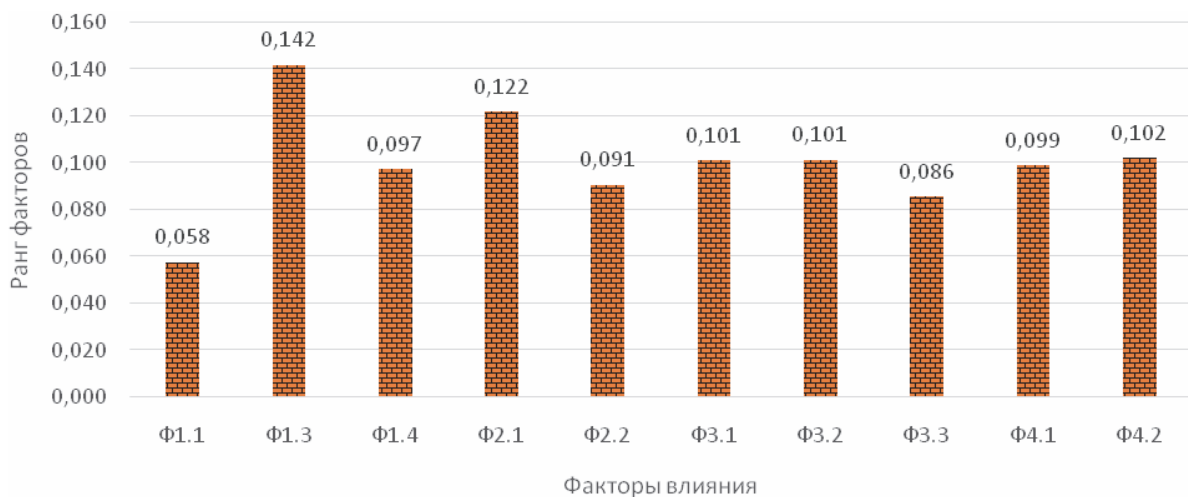


Рисунок 6. Гистограмма рангов факторов для отбора по комплексному критерию.

Литература

1. ДБН А.3.1-5-2009. Организация строительного производства : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Минрегионстроя Украины от 25 декабря 2009 г. № 689-ст : на замену ДБН А.3.1-5-96 : дата введения 2011-05-25 / разработаны Научно-исследовательский институтом строительного производства. – Киев : Минрегионстрой, 2011. – 67 с. – Текст : непосредственный.
2. ДБН А.3.2-2-2009. Охрана труда и промышленная безопасность в строительстве : утвержден и введен в действие Приказом Минрегионстроя Украины от 27 января 2009 г. № 45-ст : на замену СНиП III-4-80 : дата введения 2012-04-01 / разработаны Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2012. – 122 с. – Текст : непосредственный.

Reference

1. DBN A.3.1-5-2009. Organization of construction production. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction, 2011. – 67 p. – Text : direct. (in Russian)
2. DBN A.3.2-2-2009. Labor protection and industrial safety in construction. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2012. – 122 p. – Text : direct. (in Russian)
3. DBN V. 1.3-2-2010. Geodetic works in construction. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2010. – 70 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
4. DBN G.1-5-96. Normative base of equipping construction organizations (crews) with mechanization, tools and equipment. – Kiev : State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture of Ukraine, 1997. – 162 p. – Text : direct. (in Ukrainian)

3. ДБН В. 1.3-2-2010. Геодезичні роботи в будівництві : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 21 січня 2010 р. № 20-ст : на заміну СНиП 3.01.03-84 : надано чинності 2010-09-01 / розроблено Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с. – Текст : непосредственный.
4. ДБН Г.1-5-96. Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментом та інвентарем : видання офіційне : затверджено та надано чинності наказом Держкоммістобудування України від 3 квітня 1996 р. № 49 : на заміну РБН 237-86 : надано чинності 1996-09-01 / розроблено Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997. – 162 с. – Текст : непосредственный.
5. DSTU B A.3.1-22:2013. Определение продолжительности строительства объектов : издание официальное : утверждено и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 20 августа 2013 г. № 393 : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2013. – 29 с. – Текст : непосредственный.
6. Ершов, М. Н. Технологические процессы в строительстве. Учебник. В 10 книгах. Книга 4. Технологические процессы каменной кладки: учебник / М. Н. Ершов, А. А. Липидус, В. И. Теличенко. – Москва : Издательство АСВ, 2016. – 52 с. – Текст : непосредственный.
7. Ищенко, И. И. Каменные работы : учебник для СПО / И. И. Ищенко. – [8-е изд., стер.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 240 с. – Текст : непосредственный.
8. Кирпичная кладка. Руководство «Сделай сам» : [практично, современно, исчерпывающе: самое полное руководство] / Джон Коллинсон ; [пер. с англ. А. Н. Галыгина]. – Москва : АСТ, 2015. – 176 с. – Текст : непосредственный.
9. Левочкина, Г. А. Технология выполнения каменных работ : учебное пособие / Г. А. Левочкина. – 2-е изд., испр. – Минск : РИПО, 2019. – 267 с. – ISBN 978-985-503-893-2. – Текст : непосредственный.
10. Сапков, А. Ю. Технология каменных работ : учебное пособие / А. Ю. Сапков. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 264 с. – ISBN 978-5-9729-0293-4. – Текст : непосредственный.
11. DSTU-N B V.1.1-27: 2010. Будівельна кліматологія : видання офіційне : затверджено та надано чинності наказом Мінрегіонбуду України від 16 грудня 2010 р. № 511 : введено вперше : надано чинності 2011-11-01 / розроблено Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – Текст : непосредственный.
5. DSTU B A.3.1-22:2013. Determination of the duration of construction of objects. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2013. – 29 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Yershov, M. N.; Lapidus, A. A.; Telichenko, V. I. Technological processes in construction. Textbook. In 10 books. Book 4. Technological processes of masonry: textbook. – Moscow : Publishing house ACB, 2016. – 52 p. – Text : direct. (in Russian)
7. Ishchenko, I. I. Stone Works : A Textbook for Secondary Vocational Education. – [8-th ed., stereotypical]. – St. Petersburg : Lan, 2021. – 240 p. – Text : direct. (in Russian)
8. John Collinson. Brickwork. Do It Yourself Guide : [Practical, Modern, Comprehensive: The Ultimate Guide]; [translation from English. A. N. Galygina]. – Moscow : ACT, 2015. – 176 p. – Text : direct. (in Russian)
9. Levochkina, G. A. Technology for performing stone work : a tutorial.– 2-th ed., corrected. – Minsk : RIPO, 2019. – 267 p. – ISBN 978-985-503-893-2. – Text : direct. (in Russian)
10. Sapkov, A. Yu. Stone technology: a tutorial.– Вологда : Infra-engineering, 2019. – 264 p. – ISBN 978-5-9729-0293-4. – Text : direct. (in Russian)
11. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Building climatology. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2011. – 123 c. – Text : direct. (in Ukrainian)
12. Vardashkin, B. N.; Danilevsky, V. V. Machine tools. Handbook. In 2 volumes. – Moscow : Mechanical Engineering, 1984. – Vol. 2. – 656 p. – Text : direct. (in Russian)
13. SNiP 3.03.01-87. Bearing and enclosing structures. – Moscow : FSUE DPC, 2007. – 192 p. – Text : direct. (in Russian)
14. Jeff Cheney. LAYING BRICKS IN COLD WEATHER. – Text : electronic. – In: *powerblanket.com* : [website]. – 2018. – 2 Okt. – URL: <https://www.powerblanket.com/blog/laying-bricks-block-cold-weather/> (accessed: 22.05.2020). (in English)
15. The Complete Guide to Working with Masonry in Cold Weather. – Text : electronic. – In: *LABC Warranty* : [website]. – 2019. – 20 Sept. – URL: <https://www.labcwarranty.co.uk/blog/how-to-protect-your-masonry-from-frost-and-rain/> (accessed: 08.04.2020). (in English)
16. Can Masonry Work Be Done In The Winter?. – Text : electronic. – In: *AVENUE ROAD MASONRY* : [website]. – 2017. – URL: <https://www.avenueroadmasonry.com/2019/06/can-masonry-work-be-done-in-the-winter/> (accessed: 15.06.2020). (in English)

12. Станочные приспособления. Справочник. В 2 томах / Ред. совет : Б. Н. Вардашкин, В. В. Данилевский. – Москва : Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с. – Текст : непосредственный.
13. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции : издание официальное: утвержден введен в действие постановлением Государственного строительного комитета СССР от 4 декабря 1987 г. № 280 : введен впервые : дата введения 1988-07-01. – Москва : ФГУП ЦПП, 2007. – 192 с. – Текст : непосредственный.
14. Jeff Cheney. LAYING BRICKS IN COLD WEATHER / Jeff Cheney. – Текст : электронный // powerblanket.com : [сайт]. – 2018. – 2 Okt. – URL: <https://www.powerblanket.com/blog/laying-bricks-block-cold-weather/> (дата обращения: 22.05.2020).
15. The Complete Guide to Working with Masonry in Cold Weather. – Текст : электронный // LABC Warranty : [сайт]. – 2019. – 20 Sept. – URL: <https://www.labcwarranty.co.uk/blog/how-to-protect-your-masonry-from-frost-and-rain/> (дата обращения: 08.04.2020).
16. Can Masonry Work Be Done In The Winter?. – Текст : электронный // AVENUE ROAD MASONRY : [сайт]. – 2017. – URL: <https://www.avenue-roadmasonry.com/2019/06/can-masonry-work-be-done-in-the-winter/> (дата обращения: 15.06.2020).

Таран Валентина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении гражданских зданий путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Кострыкин Ростислав Олегович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности возведения бескаркасных зданий в зимних условиях.

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні цивільних будівель шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Кострикін Ростислав Олегович – магистрант кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності зведення бескаркасних будівель в зимових умовах.

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Organization of Building Department, Donbas National academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of civil buildings by reducing the energy intensity, material intensity, labor intensity and cost of construction products.

Kostryykin Rostislav – Master's student, Technology and Organization of Building Department, Donbas National academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of the construction of frameless buildings in winter conditions.