

EDN: SNVFSK

УДК 691.32

**В. В. ТАРАН, А. В. ИХНО, Н. Н. ВАЩЁНОК**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

## **ВОЗВЕДЕНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАРКАСНО-МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

**Аннотация.** Анализ конструктивно-технологических решений опыта возведения вертикальных конструкций в каркасно-монолитных зданиях позволил определить основные направления по формированию и выбору рациональных организационно-технологических решений строительства зданий с применением сталежелезобетона. Представлено краткое описание выполняемых технологических операций при возведении сталежелезобетонных колонн. Описана последовательность выполнения технологических операций возведения колонн в зависимости от их сечения и применяемых опалубочных систем. Для выявления наиболее эффективного варианта по возведению сталежелезобетонных колонн выполнен расчет и представлены данные по материалоемкости. Приведены сравнительные показатели по трудоемкости возведения вертикальных несущих конструкций в каркасно-монолитных зданиях. Очередность операций и способов их исполнения непосредственно влияет на трудоемкость, материалоемкость, продолжительность и стоимость строительно-монтажных работ.

**Ключевые слова:** арматура, бетон, сталежелезобетонные конструкции, опалубка, колонна, стык, технологичность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Каждое объемно-планировочное и конструктивное решение здания и его частей обладает определенной, присущей ему технологичностью.

Строительная технологичность – это комплексная характеристика технологичности трех подсистем: изготовления, транспортирования, возведения конструкций строительного объекта при определенных ограничениях со стороны других подсистем.

Технологичность конструкций проявляется в параметрах производственных процессов, ее оценивают теми же показателями, что и сами процессы, а именно: затратами труда рабочих, затратами труда на механизацию, продолжительностью производства работ при возведении здания или его части в заданных параметрах качества.

При возведении несущих конструкций каркасно-монолитных зданий возникает вопрос о выборе армирования колонн, что непосредственно зависит от выбранного сечения.

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Выполненные рядом исследователей расчеты показали, что за счет изменения технологичности можно сократить затраты труда на 15...25 %, а себестоимость на 3...7 %.

Конструктивное решение с точки зрения строительной технологичности должно обеспечить наиболее простое, быстрое и экономически выгодное изготовление и монтаж конструкций при соблюдении условий прочности, устойчивости и долговечности, а также других эксплуатационных качеств сооружения.



Вопросам проектирования трубобетонных конструкций и расчета повышения несущей способности сталежелезобетонных колонн посвящены работы многих ученых и исследователей: Р. С. Санжаровского, В. А. Росновского, А. И. Кикина, А. Л. Кришана, В. А. Труль, А. А. Гвоздева, А. А. Афанасьева, А. В. Курочкина, S. Morino, K. Tsuba, А. Н. Миронова, В. М. Анищенко, В. Ф. Зверева и др.

В настоящее время недостаточно изучена и освещена проблема по принятым организационно-технологическим решениям выполнения работ в условиях строительной площадки при возведении каркасно-монолитных многоэтажных зданий со сталежелезобетонными колоннами. Остаются актуальными вопросы по повышению монолитности конструкции колонны, улучшению совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках, снижению трудоемкости сборки колонны и сокращению трудоемкости возведения трубобетонного каркаса здания.

*Целью представленного материала* является исследование показателей материалоемкости и трудоемкости, влияющих на изменение основных технологических параметров по возведению несущих монолитных сталежелезобетонных конструкций каркасных зданий с различным видом армирования.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Процесс возведения сталежелезобетонных колонн включает в себя следующие технологические этапы:

- устройство арматурного каркаса;
- установка опалубки;
- подача бетона;
- прогрев (зимой);
- уход за бетоном;
- демонтаж опалубки.

Выполнение работ и их очередность отличаются в зависимости от вида сечения колонны. Рассмотрим каждый этап и построим очередность операций (таблица 1) для пяти вариантов сечения:

Вариант 1 – колонна круглого сечения с жестким внешним армированием (рис. 1).

Вариант 2 – колонна круглого сечения с жестким внутренним армированием (рис. 2).

Вариант 3 – колонна прямоугольного сечения с жестким внешним армированием (рис. 3).

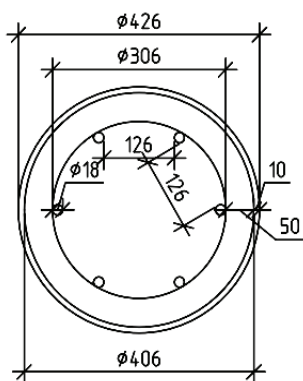
Вариант 4 – колонна прямоугольного сечения с жестким внутренним армированием (рис. 4).

Вариант 5 – колонна прямоугольного сечения с гибким армированием (рис. 5).

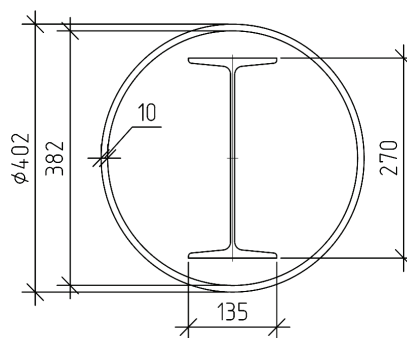
**Таблица 1** – Перечень выполняемых технологических операций при возведении сталежелезобетонных колонн

Основные технологические операции при возведении сталежелезобетонных колонн	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Монтаж гибкой арматуры	+	+	+	+	+
Монтаж жесткой арматуры	+	+	+	+	–
Установка внешней жесткой оболочки	+	–	+	–	–
Установка сборно-разборной опалубки	–	+	+	+	+
Выверка конструкции	+	+	+	+	+
Подача бетонной смеси	+	+	+	+	+
Уплотнение бетона	+	+	+	+	+
Прогрев (зимой) бетонной смеси	+	+	+	+	+
Уход за бетоном	+	+	+	+	+
Демонтаж сборно-разборной опалубки	–	+	+	+	+

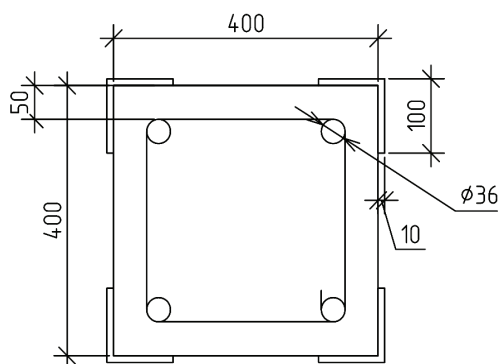
Работы по армированию колонн начинаются с доставки в зону армирования материалов. Далее происходит установка вертикальных арматурных стержней и кольцевых хомутов. Вертикальные стержни привязываются к выпускам арматуры нижележащих колонн. При работе в зимнее время, необходимо перед последующими бетонными и опалубочными работами, закрепить греющие провода на арматурном каркасе прогреваемой конструкции колонн. После процесса они остаются в теле бетона. Применяем тонкий (= 1,2 мм) стальной изолированный провод [1, 6].



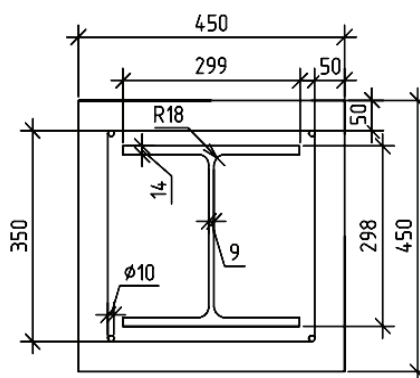
**Рисунок 1** – Схема колонны круглого сечения с жестким внешним армированием (вариант 1) – труботетон.



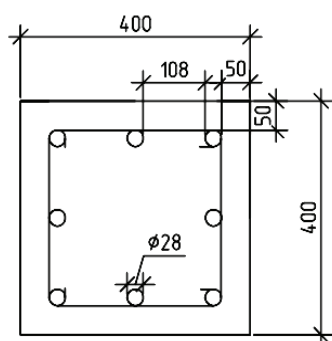
**Рисунок 2** – Схема колонны круглого сечения с жестким внутренним армированием (вариант 2) – двутавр в труботетоне.



**Рисунок 3** – Схема колонны квадратного сечения с жестким внешним армированием (вариант 3) – квадратное сечение с обоймой из 4 уголков.



**Рисунок 4** – Схема колонны квадратного сечения с жестким внутренним армированием (вариант 4) – двутавр в квадратном сечении.



**Рисунок 5** – Схема колонны квадратного сечения с гибким армированием (вариант 5) – квадратное сечение с гибкой арматурой.

Для каждого из представленных выше вариантов возведения вертикальных конструкций применяется присущая ему опалубка (рис. 6).

Для каждого из ранее представленных вариантов возведения колонн выбраны наиболее рациональные опалубочные системы:

Вариант 1 – несъемная в виде внешней обоймы (трубы) (рис. 7);

Вариант 2 – пластмассовая сборно-разборная круглого сечения (рис. 8);

Вариант 3, 4, 5 – пластмассовая сборно-разборная квадратного сечения (рис. 9).

Требования к предельным отклонениям при установке опалубки для укладки бетона в бетонные и железобетонные конструкции приведено в следующих нормативных документах:

– разделе 5.17 СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

– ГОСТ 34329-2017 Опалубка. Общие технические условия.

Следующим этапом является выверка конструкции. Для выверки и временного крепления колонн используют теодолит и вычисляют отметки по оси и выставляют высотные и плановые риски (рис. 10) [6, 7].

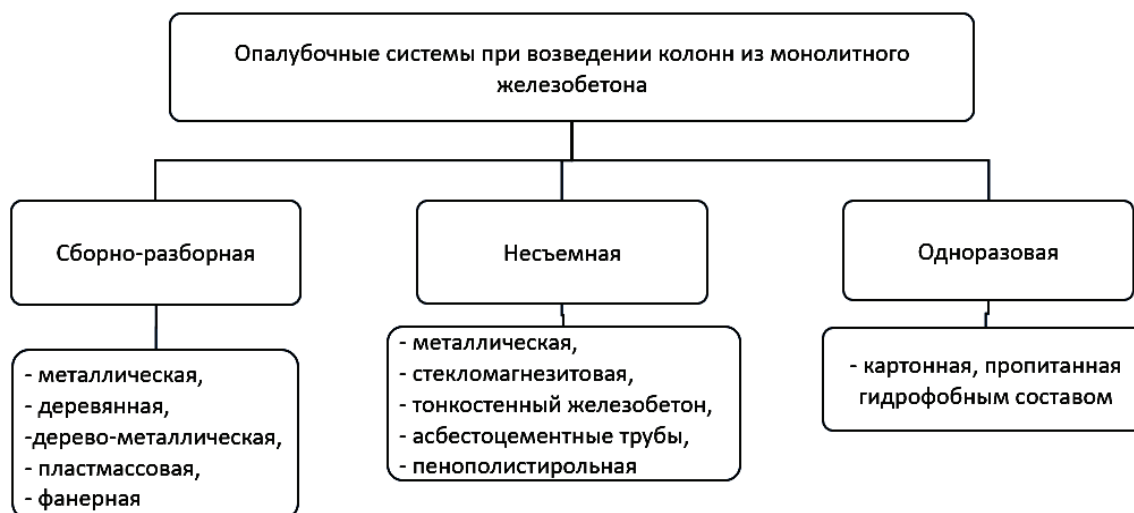


Рисунок 6 – Основные виды опалубочных систем при возведении вертикальных конструкций.



Рисунок 7 – Несъемная опалубка в виде внешней обоймы (трубы).

До начала производства подачи бетона должны быть завершены работы по установке арматурного каркаса колонны, смонтирована опалубка, выполнены все сварочные работы. Бетонная смесь подается при помощи бетононасоса.

В ходе бетонирования требуется соблюдение нескольких правил:

- опалубка, арматурный каркас, закладные детали и элементы должны быть неподвижны;
- подача бетона в опалубку выполняется послойно (каждый слой 30...50 см) с уплотнением глубинным вибратором;
- каждый последующий слой заливается до начала схватывания предыдущего;
- верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на 50...70 мм ниже верха щитов опалубки.

Далее рабочим осуществляется выравнивание бетонной смеси по отметкам-маякам. После выравнивания бетонной смеси производят укрытие поверхности.

При работе в зимнее время предусматривается прогрев бетонной смеси, укрытие утеплителем. При приготовлении бетонной смеси в зимних условиях ее температуру повышают до 35...40 °С путем подогрева заполнителей и воды. Заполнители подогревают до 60 °С паровыми регистрами, во вращающихся барабанах, в установках с продувкой дымовых газов через слой заполнителя, горячей водой или используют более современный метод электропрогрева путем установки греющих проводов в опалубку с усиленной теплоизоляцией и гидроизоляцией для защиты от окружающей среды [1, 3, 4, 6].

При установке сборно-разборной опалубки, следующим шагом производится демонтаж последней. Все работы необходимо выполнять в соответствии с требованиями по технике безопасности на строительной площадке при производстве работ.

Для определения наиболее рационального варианта возведения колонн в каркасно-монолитном здании, выполнено сравнение показателей материалоемкости и трудоемкости на 10 колонн высотой 4,5 м. Для проведения анализа спроектирована колонна по каждому из принятых ранее вариантов сечения с изначальными исходными данными:

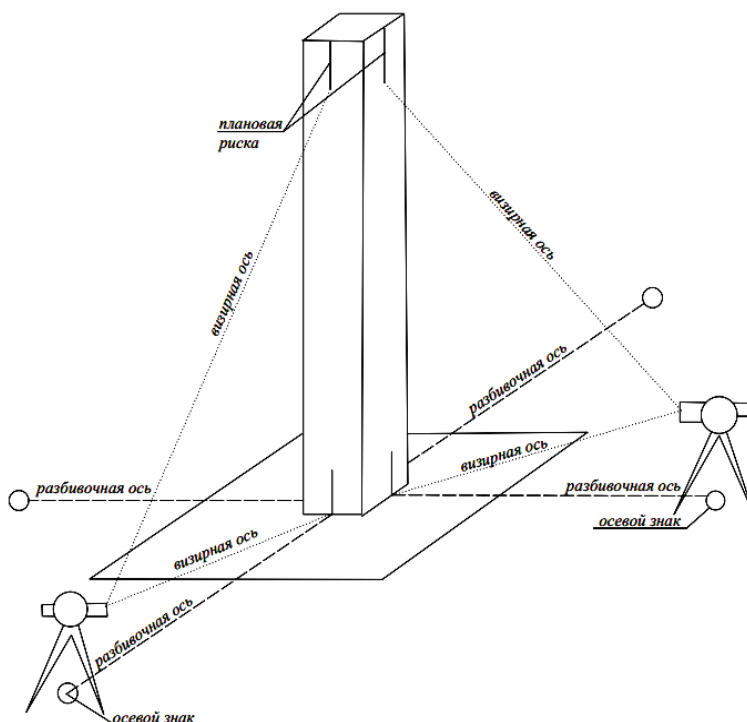
- Исходная нагрузка 3 200 Кн.
- Высота колонн 4,5 метра.
- Бетон класса В30.
- Арматура класса А500.



**Рисунок 8** – Пластмассовая сборно-разборная опалубка круглых колонн.



**Рисунок 9** – Пластмассовая сборно-разборная квадратного сечения колонн.



**Рисунок 10** – Схема выверки колонны на монтажном горизонте при помощи теодолита.

Полученные данные по количеству и марке арматурных изделий приведены в таблице 2. Показатели по материалоемкости приведены в таблице 3. Показатели по трудоемкости выполнения работ

**Таблица 2** – Количество и марка арматурных изделий

Марка арматурных изделий по вариантам					
Принятое армирование	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Продольная арматура	6Ø18 A500	–	4Ø36 A500	4Ø10 A500	8Ø28 A500
Поперечная арматура	Ø10 A240	–	4Ø10 A240	4Ø10 A240	4Ø10 A240
Труба/Двутавр	Труба 426×10	Труба 402×10, Двутавр 27а	Четыре уголка 100×100×10	Двутавр 30К1	–

**Таблица 3** – Показатели по материалоемкости сравниваемых вариантов

Показатели по материалоемкости	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
Масса арматуры, кг	527,175	587,835	759,052	403,685	184,932
Объем бетона, м <sup>3</sup>	0,641	1,155	0,313	0,6644	0,698

по возведению 10 колонн высотой 4,5 м приведены в таблице 4. Работы выполняются комплексной бригадой в составе монтажников, плотников, арматурщиков, бетонщиков.

**Таблица 4** – Показатели по трудоемкости выполнения работ по возведению 10 колонн высотой 4,5 м (составлено в соответствии с ГЭСН 81-02-06-2020)

Вариант возведения вертикальных конструкций	Основные показатели по трудоемкости выполнения работ, чел.-час.					
	Установка, сварка, вязка арматурных изделий	Установка опалубки	Подача бетонной смеси	Уход за бетоном	Демонтаж опалубки	Итого по варианту
Вариант 1 Круглое сечение с внешней трубой	19,51	9,58	1,548	6,922	–	37,56
Вариант 2 Двутавр в круглом сечении	17,5	17,32	2,789	12,47	5,06	55,139
Вариант 3 Квадратное сечение с обоймой из 4 уголков	22,6	10,02	1	3,38	10,02	47,02
Вариант 4 Двутавр в квадратном сечении	12,02	9,248	2,139	7,175	9,248	39,83
Вариант 5 Квадратное сечение с гибкой арматурой	5,5	9,75	2,247	7,538	9,75	34,785

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Как показал анализ конструктивно-технологических решений опыта возведения вертикальных конструкций в каркасно-монолитных зданиях, существует много организационно-технологических решений возведения монолитных железобетонных колонн каркаса здания с использованием различных типов опалубки и вида армирования.

Оптимально подобранные параметры сечения колонн позволяют уменьшить материалоемкость, что приводит к снижению трудозатрат. Изменение сечения колонн влияет на основные показатели по материалоемкости: уменьшается расход бетона до 10 %, арматуры – до 30 % или полного отсутствия арматуры за счет установки закладной детали, которая обеспечивает необходимую прочность.

Специфика выполнения работ по возведению колонн с различной опалубкой, определяет технологические параметры комплексного процесса и границы рационального использования организационно-технологических решений, которые, в свою очередь, позволяют снизить трудовые и материальные расходы, ускорить возведение колонн и, как следствие, возведение здания в целом.

При возведении колонн по варианту 1 – несъемная опалубка в виде внешней обоймы (трубы) – трудоемкость сокращается из-за отсутствия выполнения работ по демонтажу внешней опалубки колонн. Наибольшая трудоемкость получена при возведении колонн по 2 варианту – колонны круглого сечения с жестким внутренним армированием – 55,139 чел.-час, а наименьшая в 5 варианте – колонны квадратного сечения с гибким армированием – 34,785 чел.-час.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 48.13330.2019. Организация строительства = Organization of construction : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2019 г. № 861/пр-ст : дата введения 2020-06-25 : дата актуализации 2021-01-01 / исполнители АО «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ "Строительство"»), ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «НИУ МГСУ»), ООО «Научно-исследовательский институт проектирования» [и др.]. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 61 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования = Composite steel and concrete structures. Design rules : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 марта 2016 г. № 128/пр-ст : дата введения 2017-07-01 / исполнители Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В. А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко) – институт АО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Стандартинформ, 2019. – 132 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. № 832/пр-ст : дата введения : 2019-06-20 / исполнитель АО «НИЦ "Строительство"» – НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 148 с. – Текст : непосредственный.
4. Новоселова, Э. В. Высотное офисное здание в г. Челябинск : выпускная квалификационная работа : ЮУрГУ-Д.08.05.01.2020.280 ПЗ / Э. В. Новоселова. – Челябинск : [Южно-уральский государственный университет], 2020. – 225 с. – Текст : непосредственный.
5. Лекция 8.4.3. Приспособления для закрепления и выверки строительных конструкций : Технология строительных процессов ; Московский государственный строительный университет. – Текст : электронный // studfile.net : [сайт]. – 03.03.2015. – URL: <https://studfile.net/preview/1931752/> (дата обращения 18.10.2023).
6. СП 70.13330.2011 Несущие и ограждающие конструкции = Load-bearing and separating constructions : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г. : актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01 / исполнители ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» ; институты ОАО «НИЦ "Строительство"» : НИИЖБ им. А. А. Гвоздева [и др.]. – Москва : Госстрой России, 2013. – 158 с. – Текст : непосредственный.
7. СП 49.13330.2010. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Госстроя РФ от 23.07.2001 г. № 80-ст : дата введения 2001-09-01 : дата актуализации 2021-01-01 / разработан Федеральным государственным учреждением «Центр охраны труда в строительстве» Госстроя России (ФГУ ЦОТС), Аналитическим информационным центром «Строитрудобезопасность». – Москва : ГУП ЦПП, 2001. – 42 с. – (Система нормативных документов в строительстве). – Текст : непосредственный.

Получена 05.11.2023

Принята 24.11.2023

VALENTINA TARAN, ANNA IHNO, NIKOLAY VASHCHENOK  
 CONSTRUCTION OF STEEL-REINFORCED CONCRETE COLUMNS IN THE  
 CONSTRUCTION OF FRAME-MONOLITHIC MULTI-STOREY BUILDINGS  
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian  
 Federation, Makeevka

**Abstract.** The analysis of structural and technological solutions of the experience of erecting vertical structures in frame-monolithic buildings made it possible to determine the main directions for the formation and

selection of rational organizational and technological solutions for the construction of buildings using steel-reinforced concrete. A brief description of the technological operations performed during the construction of steel-reinforced concrete columns is presented. The sequence of technological operations for the construction of columns is described, depending on their cross-section and the formwork systems used. To identify the most effective option for the construction of steel-reinforced concrete columns, a calculation was performed and data on material consumption were presented. Comparative indicators on the complexity of the construction of vertical load-bearing structures in frame-monolithic buildings are given. The sequence of operations and methods of their execution directly affects the labor intensity, material intensity, duration and cost of construction and installation work.

**Keywords:** reinforcement, concrete, steel-reinforced concrete structures, formwork, column, joint, manufacturability.

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

**Ихно Анна Владимировна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

**Ващенко Николай Николаевич** – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технологический процесс строительства монолитных каркасных гражданских зданий.

**Taran Valentina** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

**Ihno Anna** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: designing, installation, operation, technical diagnostics, an estimation of a technical condition, reconstruction and strengthening of building metal designs, technology and the organization of works at construction and reconstruction of buildings and constructions.

**Vashchenok Nikolay** – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technological process of construction monolithic-frame civil buildings.