

УДК 69.07

АНАЛИЗ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРЕИМУЩЕСТВА, АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

И.Д. Канаков, М.Ю. Новиков, Ю.Г. Кислякова

ANALYSIS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN CIVIL ENGINEERING: ADVANTAGES, CURRENT PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

I.D. Kanakov, M.Y. Novikov, Y.G. Kislyakova

Аннотация. В приведенной работе проведен анализ на актуальную тему преимуществ и проблем монолитных железобетонных конструкций в гражданском строительстве. Приведена сводная статистика введенных в эксплуатацию жилых домов по годам на примере отдельно взятого региона Российской Федерации (Удмуртской Республики). Проанализированы основные преимущества и проблемы каркасно-монолитной технологии строительства, а так же предложены варианты решения данных проблем для снижения стоимости строительства и повышения качества готовых объектов недвижимости.

Ключевые слова: строительство; каркасно-монолитное строительство; гражданское строительство; проектирование; технология строительства.

Abstract: In this paper, an analysis on the topical topic of the advantages and problems of monolithic reinforced concrete structures in civil construction is carried out. The summary statistics of commissioned residential buildings by year is given on the example of a single region of the Russian Federation (Udmurt Republic). The main advantages and problems of frame-monolithic construction technology are analyzed, and solutions to these problems are proposed to reduce the cost of construction and improve the quality of finished real estate objects.

Keywords: construction; frame-monolithic construction; civil engineering; design; construction technology.

На данный момент на территории Российской Федерации наблюдается увеличение объемов вводимых в эксплуатацию объектов гражданского строительства. Это связано с высокими темпами урбанизации, действию государственных программ по расселению граждан из аварийного жилья и развитию инфраструктуры вновь осваиваемых районов.

Подавляющее большинство объектов жилищно-гражданского строительства возводится с применением технологии каркасно-монолитного строительства. При данной технологии строительства возводится абсолютно жесткий каркас, состоящий из железобетонных пилонов, колонн, балок, плит перекрытия и покрытия с различными видами ограждающих и самонесущих конструкций. «Все шире используется монолитный бетон при возведении не только общественных и жилых зданий, но и индивидуальных многоэтажных загородных домов и хозяйственных построек» [1, с.19]. Высокая популярность каркасно-монолитной схемы зданий обусловлена ее преимуществами над иными конструктивными схемами. В данной статье авторами проведен анализ и выделены основные преимущества монолитных железобетонных конструкций, актуальные проблемы и возможные пути их решения для совершенствования технологии строительства и улучшения качества готовой продукции.

В XX веке на территории СССР наибольшее распространение получили гражданские объекты из сборных железобетонных конструкций. И только в последнем десятилетии XX века в России особое распространение получили конструкции из монолитного железобетона.

Главными причинами перехода от сборных железобетонных конструкций к монолитным стали:

- стремление к сокращению стоимости строительства объектов;
- возможность применения новых планировочных и фасадных решения для придания индивидуальности объектов гражданского строительства.

Актуальность рассматриваемой темы подтверждается увеличением доли каркасно-монолитных домов на строительном рынке.

Согласно аналитическим исследованиям [2] в последние пять лет на территории Удмуртской Республики наблюдается увеличение жилых площадей ежегодно вводимых в эксплуатацию. Данные результаты отражены в таблице.

Таблица – Сводная статистика общего числа жилых домов, введенных в эксплуатацию на территории Удмуртской Республики по годам.

Год введения в эксплуатацию	Кол-во домов, шт.	Кол-во квартир, шт.	Суммарная площадь, м ² .
2021	48	8902	456776,89
2020	39	6747	354783,53
2019	46	6838	293315,58
2018	43	7494	343978,78
2017	42	5924	279846,31

При анализе вышеуказанной таблицы становится понятно, что в последние пять лет прослеживается четкая тенденция в увеличении количества жилых домов ежегодно вводимых в эксплуатацию на территории Удмуртской Республики. Данная тенденция была нарушена лишь в 2020 году в связи с вспышкой пандемии Covid-19 и массовой самоизоляции.

При этом согласно исследованиям [2] более 90% строящихся в настоящее время домов на территории Удмуртской Республики строятся с полным монолитным железобетонным каркасом. И лишь незначительная часть, около 10%, строящихся домов возводится с применением кирпича в качестве материала для несущих конструкций стен.

Вышерассмотренная статистика подтверждает актуальность использования конструкций из монолитного железобетона в жилищно-гражданском строительстве и необходимость их более детального анализа для совершенствования и устранения недостатков.

Анализ преимуществ монолитных железобетонных конструкций гражданских зданий

Анализ монолитных железобетонных конструкций с точки зрения их преимуществ и недостатков является актуальной темой, поскольку популярность монолитного домостроения только увеличивается.

Монолитные железобетонные конструкции по сравнению с кирпичными и сборными железобетонными конструкциями имеют следующие преимущества:

1. С точки зрения архитектурного разнообразия:

- применение монолитных железобетонных каркасов позволяет внедрять новые вариации планировок и виды фасадных конструкций благодаря меньшим габаритам несущих конструкций и отсутствию привязки к номенклатуре типоразмеров завода железобетонных изделий.

2. С экономической точки зрения:

- по сравнению со сборными железобетонными зданиями при каркасно-монолитном строительстве на 30-40% снижаются единовременные затраты на создание производственной базы, так как отсутствует необходимость в организации и поддержании заводов железобетонных конструкций и домостроительных комбинатов [3];

- при строительстве каркасно-монолитного здания достигается сокращение расхода арматуры до 20% по сравнению со сборными панельными домами за счет чего уменьшается стоимость каркаса и общая себестоимость строительства объекта [4];

- возведение каркасно-монолитных зданий позволяет использовать более дешёвую технику с меньшей грузоподъемностью, так как при монолитном домостроении масса поднимаемых грузов меньше, чем при строительстве панельных зданий;

- практика показывает, что при возведении каркасно-монолитных зданий предъявляются меньшие требования к квалификации рабочих, чем при возведении кирпичных и панельных зданий. Это связано с относительной простотой строительных процессов. Бригада должна состоять из опытного бригадира и нескольких подсобных рабочих, выполняющих работы по армированию под присмотром прораба и лиц строительного надзора.

3. С точки зрения конструктивных решений:

- возможность проектирования зданий с пролетами до 12 метров без предварительно напряженной арматуры за счет применения неразрезных пространственных систем;

- благодаря минимальному количеству рабочих швов в конструкции каркаса монолитные здания обладают высокой сейсмоустойчивостью и способны выдерживать землетрясения магнитудой до 7-8 баллов;

- меньшая масса каркаса монолитных зданий по сравнению с крупнопанельными за счет уменьшения толщины плит перекрытия, меньших габаритов вертикальных несущих конструкций. Для каркасно-монолитного дома среднее отношение массы каркаса на 1 м² здания составляет 1050 кг/м², для крупнопанельного дома данный показатель составляет 1200 кг/м² [5];

- в каркасно-монолитных зданиях нагрузка равномерно распределяется по всему периметру вертикальных несущих конструкций, благодаря чему появляется возможность проектирования экономически более эффективных ленточных и отдельно стоящих фундаментов. При этом перераспределение нагрузки между диафрагмами и пилонами, обеспечивает равномерную осадку здания и минимизирует вероятность возникновения трещин в несущих конструкциях.

4. С точки зрения производства работ:

- минимальная осадка монолитных конструкций здания по сравнению с кирпичными зданиями позволяет уменьшить технологические перерывы на захватке перед устройством ограждающих конструкций и внутренней отделки.

5. С точки зрения эксплуатационных характеристик:

- несущие конструкции каркаса монолитных зданий обладают высокой долговечностью и могут эксплуатироваться без капитального ремонта до 100-150 лет;

- каркасно-монолитные здания по сравнению с крупнопанельными обладают лучшими звукоизоляционными и теплотехническими свойствами за счет уменьшения монтажных швов [6].

Все вышеперечисленные достоинства способствуют активному развитию жилищно-гражданского строительства на территории Российской Федерации, подавляющее большинство которого возводится с применением каркасно-монолитной технологии строительства.

Актуальные проблемы монолитных железобетонных конструкций и возможные пути их решения

Несмотря на столь обширный список достоинств и массовость, монолитные железобетонные конструкции имеют ряд проблем, решение которых необходимо для успешного применения данной технологии и повышения качества готовой продукции.

На данный момент наиболее актуальными неразрешенными проблемами монолитных железобетонных конструкций являются:

1. Отсутствие четкой рекомендательной базы по выбору оптимальных и наиболее экономичных сечений вертикальных несущих конструкций. Сечения конструкций выбираются проектировщиком самостоятельно на этапе проектирования, зачастую без сравнительного анализа и выбора наиболее экономичного варианта.

В настоящий момент на территории Российской Федерации наблюдается резкий скачок инфляции, что приводит к увеличению стоимости строительства и снижению покупательской способности населения. Разработка и внедрение указаний по выбору оптимальных и наиболее экономичных вертикальных несущих конструкций для определенных видов зданий позволит застройщикам и проектным организациям исключить вероятность нерационального выбора конструкций и неоправданного увеличения стоимости строительства объекта.

2. Высокая трудоемкость возведения монолитных конструкций.

Трудоемкость возведения 1 м³ монолитных железобетонных конструкций в среднем составляет 4-8 чел-час, из которых на опалубочные работы приходится 40-45%, на арматурные – 30-35%, на бетонные – 20-25%.

Решение проблемы по снижению трудоемкости возведения монолитных железобетонных конструкций также возможно благодаря выбору оптимальных и наиболее экономичных вертикальных несущих конструкций и внедрения эффективных специализированных технических средств.

3. Сложность и высокая стоимость выполнения работ в зимний период.

При выполнении монолитных работ в зимний период необходимо обеспечить требуемую температуру бетонной смеси для достижения распалубочной прочности бетона. Для этого температура бетонной смеси не должна опускаться ниже +5 °С, так как при этой температуре прекращаются процессы гидратации цементного камня, а при охлаждении ниже 0 °С вода, находящаяся в бетонной смеси, кристаллизуется, превращаясь в лед.

В результате процесса кристаллизации вода увеличивается в объеме, происходит изменение структуры бетона и значительное ухудшение его прочностных характеристик.

На сегодняшний день существует несколько основных способов прогрева бетонной смеси:

- метод термоса – данный метод подходит для массивных конструкций и предполагает укладку бетонной смеси в утепленную опалубку, которая сохраняет температуру бетона до набора им критической прочности;
- бетонирование с применением химических добавок. При данном методе в бетонную смесь добавляют противоморозные химические добавки, которые обеспечивают протекание процесса гидратации даже при отрицательных температурах;
- бетонирование в термоактивной опалубке. Суть данного метода заключается в том, что бетонная смесь укладывается в многослойную опалубку с утеплителем и нагревательными элементами. Обогрев бетона происходит за счет передачи тепла бетону от греющей опалубки.

Несмотря на большое количество преимуществ, все вышеперечисленные методы имеют ряд серьезных недостатков:

- высокая стоимость;
- понижение коррозионной стойкости арматуры;
- увеличение времени достижения бетоном его расчетной прочности;
- неэффективность при особо низких температурах.

В связи с этим основными и наиболее часто применяемыми методами прогрева бетона являются:

- электродный прогрев бетона. Данный метод в основном применяется для прогрева вертикальных несущих конструкций;
- обогрев бетона при помощи греющих проводов, закладываемых в тело прогреваемой конструкции. Данный метод в основном применяется при устройстве плит перекрытий и покрытий [1].

Для уменьшения стоимости выполнения работ в зимний период необходимо грамотное планирование процесса строительства таким образом, чтобы как можно большее количество работ было выполнено в теплое время года, а при выполнении работ при отрицательных температурах необходима разработка технологических карт для предотвращения перерасхода греющих проводов и обеспечение расчетных характеристик бетона.

4. Сложность в проведении бетонных работ и создании прямолинейной поверхности бетона.

Решение данной проблемы может заключаться в дополнительном обучении рабочих и разработке подробных технологических карт, соблюдение которых повысит качество готовой продукции.

Также для обеспечения прямолинейности поверхности бетона и повышения качества работ необходим должный контроль над состоянием опалубочных систем и замена изношенных частей на современные гладкие щиты с гидрофобными свойствами для уменьшения сцепления опалубки с бетоном.

5. Перерывы в бетонировании, приводящие к образованию рабочего шва и снижению прочности конструкции.

Данная проблема может быть решена проектировщиком на стадии разработки рабочей документации. Для этого при выполнении расчетов и чертежей необходимо указать места, в которых могут быть выполнены рабочие швы без нанесения вреда прочности монолитной конструкции.

Подводя итог всему вышеперечисленному, можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний момент каркасно-монолитная технология строительства является самой популярной среди отечественных застройщиков и имеет далеко идущие перспективы развития благодаря меньшей стоимости строительства по сравнению с другими конструктивными вариантами. Она имеет возможности создания различных планировок и фасадных систем и многие другие преимущества, связанные с проектированием, производством работ и эксплуатацией здания. Тем не менее, данная конструктивная система до сих пор имеет ряд существенных проблем, решение которых в конечном счете снизит затраты на строительство, значительно улучшит качество готовых объектов недвижимости, увеличит спрос на каркасно-монолитные дома и позволит в ускоренные сроки реализовать концепцию устойчивого развития региона [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Анпилов С.М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. Учебное пособие. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 576 с.
2. EP3-аналитика // Институт развития строительной отрасли. – Москва, 2021. [Электронный ресурс] – URL: <https://erzrf.ru/images/repfle/19059597001REPFLE.pdf> (дата обращения: 10.08.2022)
3. Мазов Е.П. Строительство монолитных зданий. Учебное пособие. Москва: Издательство АСВ, 2011. 107 с.
4. Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства: Учебное пособие. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. 280 с.
5. Сборно-монолитная строительная система // ООО ВИАКОН. ПРО г. Екатеринбург [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://viakonpro.ru/proekty/sb_orno-monolit (дата обращения: 09.08.2022)
6. Нанасова С.М., Михайлин В.М. Монолитные жилые здания. Учебное пособие. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. 141 с.
7. Грахов В.П., Мохначев С.А., Кислякова Ю.Г., Симакова У.Ф. Специфика управления устойчивым развитием организаций строительного комплекса // Мировая экономика и бизнес-адаптирование малых и средних предприятий: материалы 17-го Международного научного семинара. Минск: 2021. С. 23-25.

REFERENCES

1. Anpilov S.M. *Tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona. Uchebnoe posobie* [Technology of construction of buildings and structures from monolithic reinforced concrete. Tutorial]. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2010. 576 p.
2. *ERZ-analitika* [ERZ-analytics]. *Institut razvitiya stroitel'noy otrasli*. Moscow, 2021. Available at: <https://erzrf.ru/images/repfle/19059597001REPFLE.pdf>. (date accessed: 10.08.2022).
3. Mazov E.P. *Stroitel'stvo monolitnykh zdaniy. Uchebnoe posobie* [Construction of monolithic buildings. Tutorial]. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2011. 107 p.
4. Anpilov S.M. *Opalubochnye sistemy dlya monolitnogo stroitel'stva: Uchebnoe posobie* [Formwork systems for monolithic construction: Tutorial]. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2005. 280 p.
5. *Sbornno-monolitnaya stroitel'naya sistema* [Prefabricated monolithic building system]. *ООО ВИАКОН. ПРО г. Екатеринбург*. Available at http://viakonpro.ru/proekty/sb_orno-monolit. (date accessed: 09.08.2022).
6. Nanasova S.M, Mikhaylin V.M. *Monolitnye zhilye zdaniya. Uchebnoe posobie* [Monolithic residential buildings. Tutorial]. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2005. 141 p.
7. Grahov V.P., Mohnachev S.A., Kisljakova Ju.G., Simakova U.F. *Specifika upravlenija ustojchivym razvitiem organizacij stroitel'nogo kompleksa* [The specifics of managing the sustainable development of organizations of the construction complex]. *Mirovaja jekonomika i biznes-adaptirovanie malyh i srednih predpriyatij: materialy 17-go Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara*. Minsk: 2021, pp. 23-25.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Канакон Илья Дмитриевич

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия, студент магистратуры,
E-mail: kanakov1999@bk.ru



Kanakov Ilya Dmitrievich

Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia,
undergraduate student,

E-mail: kanakov1999@bk.ru

Новиков Михаил Юрьевич

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г.
Ижевск, Россия, студент магистратуры,

E-mail: mishko161298@gmail.com

Novikov Michail Yurievich

Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia,
undergraduate student,

E-mail: mishko161298@gmail.com

Кислякова Юлия Геннадьевны

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, г.
Ижевск, Россия, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Промышленное и гражданское строительство»,

E-mail: pgs@istu.ru

Kislyakova Yulia Gennadievna

Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia,
pedagogical sciences, associate professor, Chairman of the Department of Industrial and Civil
Engineering,

E-mail: pgs@istu.ru