Научная статья
УДК 69.07

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ КАРКАСНО-МОНОЛИТНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И.Д. Канаков[1,*], НЛ. Тарануха[1], К.Ю.Ананин[1]

[1] Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия
[*] E-mail: kanakov1999@bk.ru

Аннотация. В данной работе проведен анализ на актуальную в строительной сфере тему технологии выполнения расчетов монолитных железобетонных конструкций гражданских объектов строительства. Проведен обзор строительного рынка Российской Федерации с выведением сводной статистики по количеству введенных в эксплуатацию жилых домов в период с 2013 по 2021 года с определением преобладающих материалов строительных конструкций. Изучены основные правила проектирования каркасно-монолитных жилых зданий, выполнен анализ особенностей выполнения расчетов данных конструкций, требующих особого внимания для совершенствования и успешного развития технологии каркасно-монолитного строительства.

Ключевые слова: *строительство; каркасно-монолитное строительство; расчет строительных конструкций; монолитное железобетонные конструкции ;проектирование.*

Для цитирования Канаков И.Д., Тарануха НЛ., Ананин К.Ю. Анализ технологий каркасно-монолитного жилищного строительства в Российской Федерации: правила проектирования, особенности выполнения расчетов монолитных железобетонных конструкций // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т.10, №1. С. 86–95.

Original article

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR FRAME-MONOLITHIC HOUSING CONSTRUCTION IN THE RUSSIAN FEDERATION: DESIGN RULES, FEATURES OF CALCULATIONS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

I.D. Kanakov[1,*], N.L. Taranukha[1], K.Yu.Ananin[1]

[1] Izhevsk State Technical University after M.T. Kalashnikova, Izhevsk, Russia
* E-mail: kanakov1999@bk.ru

Abstract. In this work, an analysis was carried out on the current topic in the construction industry of technology for performing calculations of monolithic reinforced concrete structures of civil construction projects. A review of the construction market of the Russian Federation was carried out with summary statistics on the number of residential buildings put into operation in the period from 2013 to 2021 with the determination of the predominant materials of building structures. The basic rules for the design of frame-monolithic residential buildings have been studied, and an analysis has been made of the features of performing calculations of these structures, which require special attention for the improvement and successful development of

© Канаков И.Д., Тарануха НЛ., Ананин К.Ю.

frame-monolithic construction technology.

Key words: *construction; frame-monolithic construction; calculation of building structures; monolithic reinforced concrete structures; design.*

For citation: Kanakov I.D., Taranukha N.L., Ananin K.Yu. Analysis of technologies for frame-monolithic construction in the Russian Federation: design rules, features of calculations of monolithic reinforced concrete structures. *Journal of Science and Education of North-West Russia.* 2024. V. 10. No.1. pp. 86–95.

Введение

Наличие собственного жилья относится к основным потребностям любого человека, удовлетворение которых необходимо для обеспечения безопасности жизни и имущества индивида с целью создания благоприятной среды его жизнедеятельности.

Жилищный вопрос всегда имел большую актуальность в обществе в условиях рыночной экономики, стимулируя отрасль строительного производства к развитию и реализации масштабных проектов. Согласно статистическим данным, в последнее десятилетие уровень урбанизации в крупных городах Российской Федерации неизменно увеличивается. В связи с этим наблюдается всплеск многоэтажного жилищного строительства. В настоящее время особой популярностью среди застройщиков пользуется каркасно-монолитная технология строительства, обладающая рядом серьезных преимуществ по сравнению с иными конструктивными схемами: более низкая стоимость, высокая скорость возведения объекта. В процессе строительства с использованием каркасно-монолитной технологии все большую популярность обретают высотные здания из монолитного железобетона, интересные фасадные решения и проектирование жилых домов со свободной планировкой и большими пролетами между несущими конструкциями. Появление новых вводных данных при проектировании требует очень серьезного подхода к расчету несущих железобетонных конструкций для выполнения всех требований действующих нормативных документов и обеспечения рационального распределения затрат на строительство объекта [1]. В данной статье авторами изучены основные правила проектирования монолитных железобетонных конструкций и особенности выполнения их расчетов. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методических рекомендаций по усовершенствованию процесса проектирования каркасно-монолитных гражданских объектов недвижимости.

Обзор строительного рынка Российской Федерации

Степень развития рынка жилищного и гражданского строительства является одним из основных показателей качества жизни граждан, проживающих в рассматриваемом регионе.

Специалисты в области экономики однозначно сходятся во мнении, что обеспеченность граждан современным жильем со всеми необходимыми коммуникациями, развитой социальной и транспортной инфраструктурой существенно влияет на развитие уровня и качества жизни граждан, способствуя ускорению темпов социально-экономического развития [2]. Стоит отметить, что строительство за счет своего масштаба, высокой стоимости конечной продукции и количества привлекаемых трудовых ресурсов является капиталообразующей отраслью региона. Благодаря развитию строительной отрасли осуществляется финансирование и развитие производственных мощностей региона, улучшается благосостояние граждан.

Согласно аналитическим исследованиям Росстата объемы введенных в эксплуатацию квадратных метров жилья на территории Российской Федерации в последние годы неуклонно увеличиваются. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная статистика жилых домов, введенных в эксплуатацию с 2013 по 2021 годы

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Введено в действие жилых домов, тысяч	239,1	283,0	286,1	259,5	253,8	242,4	258,8	308,0	383,4
Общая площади жилых помещений, млн. $м^2$.	70,5	84,2	85,3	80,2	79,2	75,7	82,0	82,2	92,6
В % к предыдущему году	107,2	118,2	101,4	94,0	98,7	95,5	106,2	100,2	112,7

Количество жилых домов, введенных в эксплуатацию, согласно приведенной статистике, ежегодно увеличивалось с 2013 по 2015 год, но в период с 2016 по 2018 года наблюдалось незначительное сокращение объемов введенных в эксплуатацию жилых многоквартирных домов. Данное сокращение связано с экономическими и политическими потрясениями на мировые арене, происходившими как раз в этот временной промежуток: резкими изменениями цен на ископаемые ресурсы, в том числе нефть и газ, уменьшением уровня ВВП страны и введением большого количества антироссийских санкций против крупного бизнеса страны. Тем не менее, несмотря на сложившуюся ситуацию на мировой арене, начиная с 2019 года, количество введенных в эксплуатацию жилых домов стало увеличиваться, и данная тенденция продолжается и в настоящий день. Стоит отметить, что значительную роль в обеспечении подъема строительного рынка сыграла программа импортозамещения, способствующая постепенному отказу от иностранной продукции и активному развитию отечественной промышленности и повышению ее конкурентоспособности [3].

Согласно аналитическим исследованиям, основными материалами при строительстве многоэтажных жилых зданий являются монолитный железобетон и каменные ограждающие конструкции. Из них возводят 64,9% от всей площади жилищного строительства в Российской Федерации. Кирпич как основной материал для строительства используется в 12,5%, панельные дома составляют 12,5%, полностью монолитные дома 5,4%, а блокированные дома составляют лишь 4,7% от площади возводимого жилья [4].

Условно объемы распределения многоквартирных жилых домов по видам материалов стен в Российской Федерации можно изучить на рисунке 1.

Анализ вышеприведенных данных указывает, что в настоящий момент на территории Российской Федерации подавляющее большинство многоквартирных жилых домов возводится с применением монолитного железобетонного каркаса, а в качестве ограждающих конструкций и перегородок используется кирпич или аналогичный блочный материал. Устойчивость и пространственная неизменяемость такого железобетонного каркаса обеспечивается жестким сопряжением колонн и диафрагм с плитами перекрытия и фундаментами.

Востребованность каркасно-монолитной технологии на строительном рынке дает возможность прогнозировать развитие и модернизацию рассматриваемой технологии для снижения себестоимости строительных работ и повышения качества готовых объектов недвижимости [5]. Для определения направления возможной модернизации каркасно-монолитной технологии строительства необходимо изучить их правила проектирования и основные особенности выполнения расчетов.

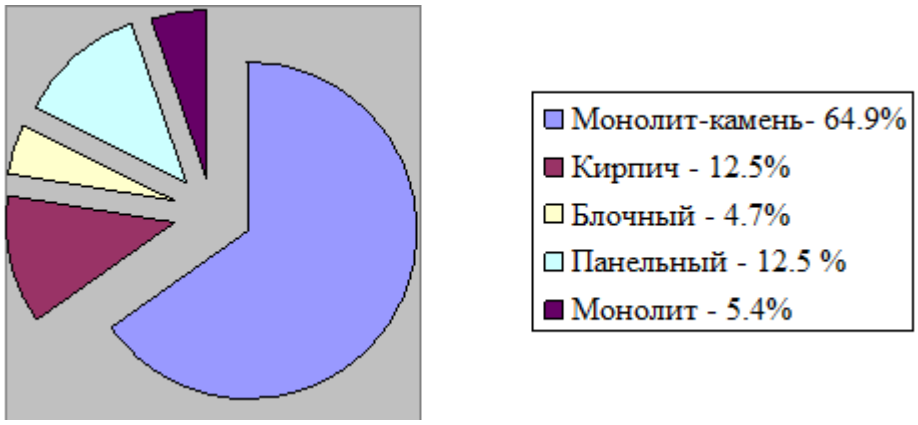


Рисунок 1 – Объемы распределения многоквартирных жилых домов по видам материалов стен в Российской Федерации и на территории Удмуртской Республики

Правила проектирования каркасно-монолитных жилых зданий

Компоновка каркаса здания является весьма сложным процессом. В процессе компоновки необходимо максимально учитывать функциональные особенности здания, особенности архитектурного оформления и планировок квартир, рациональное размещение инженерных систем и коммуникаций при соблюдении всех существующих требований, обеспечивающих безопасную эксплуатацию здания.

В настоящее время при проектировании каркасно-монолитных жилых зданий инженеры-проектировщики руководствуются следующими правилами:

1. Система несущих элементов каркаса должна быть максимально увязана с архитектурно планировочным решением здания.

2. При компоновке каркаса здания следует стремиться к минимальному числу вертикальных несущих элементов каркаса для оптимизации затрат и снижения себестоимости строительно-монтажных работ.

3. Минимально необходимой и достаточной для обеспечения геометрической неизменяемости здания является система, в состав которой входит не менее трех вертикальных несущих элементов каркаса, плоскости которых не пересекаются на одной прямой и не являются параллельными.

Согласно перечисленным правилам, геометрическая неизменяемость каркаса достигается при наличии: трех плоских пилонов, сочетанием плоского и углового пилона или пилоном с развитым геометрическим сечением. Данное правило иллюстрируется схемами, представленными на рисунках 2, 3.

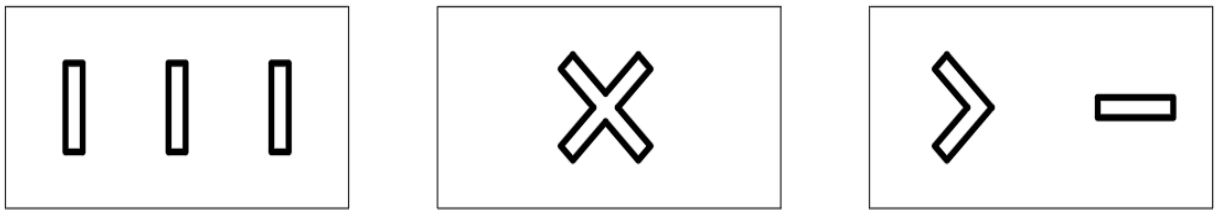


Рисунок 2 – Некорректная схема расстановки вертикальных несущих элементов каркаса

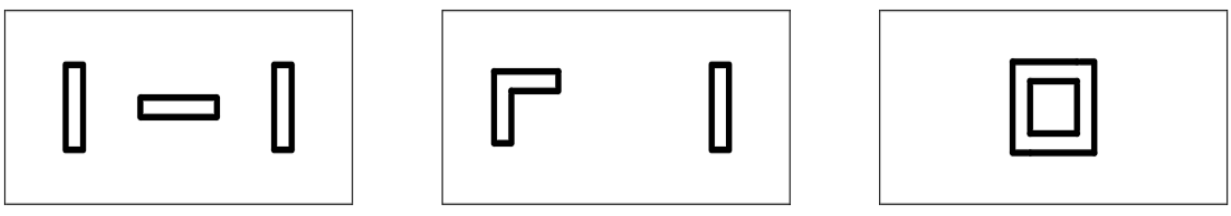


Рисунок 3 – Корректная схема расстановки вертикальных несущих элементов каркаса

1. Наиболее оптимальной является компоновка здания, при которой центр массы и центр изгиба здания совпадают в плане и через эту же точку проходят равнодействующие ветровых нагрузок. Данное правило выполняется при наличии в здании двух осей симметрии и системы вертикальных несущих элементов каркаса симметричных относительно этих же двух осей. При несимметричном плане данное условие может не выполняться, тем не менее, при компоновке системы каркаса необходимо стремиться к тому, чтобы расстояние между центром масс и центром изгиба было минимальным.

2. Систему вертикальных несущих конструкций следует распределять равномерно по плану здания. В противном случае, в диске перекрытия могут возникать дополнительные нагрузки, требующие усиления несущих конструкций для обеспечения геометрической неизменяемости здания [6].

Опираясь на вышеизложенные правила и индивидуальные особенности проектируемого здания, инженеры-проектировщики располагают систему вертикальных несущих конструкций на плане здания.

Особенности выполнения расчетов монолитных железобетонных конструкций

Активные рост городского населения в условиях ограниченности городских территорий является серьезной проблемой, требующей незамедлительного решения. Возможным вариантом решения данной проблемы является проектирование и строительство высотных зданий.

Развитие высотного строительства вследствие ограниченности городских территорий влечет за собой ряд проблем, которые требуют незамедлительного решений. Основной из них является то, что в настоящий момент в России пока накоплен небольшой опыт строительства высотных зданий и нет достаточной нормативно-технической базы для строительства уникальных зданий.

При выполнении прочностных расчетов очень важно выполнение требований всех действующих нормативных документов, регламентирующих обеспечение несущей способности и устойчивости зданий и сооружений. В целом и их отдельных частей [7].

Основными целями конструктивных расчетов каркасов монолитных гражданских зданий являются:

1. Определение усилий, действующих в элементах конструктивной системы: в колоннах, плитах перекрытиях и покрытиях, стенах, колоннах, диафрагмах жесткости, ядрах жесткости и фундаментах, а также усилий, возникающих в основаниях фундаментов.

2. Расчет устойчивости формы и положения выбранной конструктивной системы.

3. Определение перемещений выбранной конструктивной системы в целом и отдельных ее элементов.

4. Определение ускорений при колебаниях в уровне плит перекрытия.

5. Оценка деформаций и несущей способности основания.

6. Расчет и оценка способности конструктивной системы сопротивляться прогрессирующему обрушению [8].

Расчеты конструктивных систем проводятся таким образом, чтобы обеспечить безопасные условия строительства, ремонта и эксплуатации объекта недвижимости в течении всего срока его эксплуатации.

Расчеты несущих конструкций каркаса следует выполнять на все виды нагрузок, которые возникают или могут возникнуть в здании в зависимости от его функционального назначения с учетом влияния окружающей среды и особых воздействий.

Расчет элементов каркаса производится по наиболее нагруженным и опасным сечениям, располагающихся под углом к направлению действующих на элемент усилий, на основе расчетных моделей, учитывающих работу материалов железобетонных конструкций в данном напряженно-деформированном состоянии.

Расчеты бетонных и железобетонных конструкций по двум группам предельных состояний следует производить в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- ГОСТ 27751-2014;
- СП20 13330.2016;
- СП63 13330.2018.

При этом выделяют две группы предельных состояний:

1. Первая группа предельных состояний – по потере несущей способности. Она характеризуется полной непригодностью строительных конструкций к эксплуатации из-за потери устойчивости, превращения конструкции в геометрически изменяемую и разрушения.

2. Вторая группа предельных состояний - по непригодности к нормальной эксплуатации вследствие больших прогибов, перемещений, углов поворота и сдвигов [9].

Под предельным состоянием понимается такое состояние строительной конструкции, при которой она перестает удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям.

Метод расчета по предельным состояниям является логическим развитием метода расчета по разрушающим усилиям. При использовании данного метода устанавливается система расчетных коэффициентов, которые позволяют учитывать статистическую изменчивость нагрузок и прочностных характеристик материалов, в то время как при использовании метода расчета по разрушающим усилиям используется только коэффициент запаса прочности. Полученные при этом коэффициенты гарантируют, что при самых неблагоприятных сочетаниях нагрузок и при наименьших прочностных характеристиках материалов предельные состояния не наступят.

При выполнении строительных расчетов и проектировании зданий и сооружений учитывают нагрузки, действующие на строительные конструкции при их возведении, изготовлении, хранении и транспортировке, а также при эксплуатации строительных объектов.

В зависимости от продолжения действия нагрузок выделяют постоянные Pd и временные нагрузки. Временные нагрузки в свою очередь классифицируются на длительные Pl, кратковременные Pt, особые Ps нагрузки.

Постоянные Pd – нагрузки, значения которых остаются постоянными в течение всего срока эксплуатации здания (собственный вес строительных конструкций, вес и давление грунтов).

Временные нагрузки – нагрузки, изменяющие свои значения или отсутствующие в в разные периоды жизненного цикла объекта недвижимости (вес перегородок, стационарного оборудования, нагрузки от людей и животных, снеговые и ветровые нагрузки)

Особые нагрузки Ps – нагрузки, обусловленные появление нестандартных параметров строительства и эксплуатации объекта недвижимости. К такому виду относят нагрузки, возникающие при взрывах и детонации, при сейсмической активности в зоне строительства и в случае деформации основания объекта строительства [10].

При этом выделяют следующие особенности назначения нагрузок и воздействий при расчете высотных железобетонных зданий:

1.При задании нагрузок на высотные здания необходимо учитывать их условия эксплуатации.

2. Помимо основных нагрузок необходимо учитывать нагрузки на покрытия стилобатной части от пожарного автотранспорта.

3. При задании ветровых нагрузок необходимо учитывать резонансно вихревое возбуждение и аэродинамические неустойчивые колебания.

4. Ветровые воздействия следует определять с учетом взаимного влияния зданий и сооружений на площадке строительства и окружающего рельефа;

5. Необходимо проводить расчет всех ограждающих конструкций на ветровые воздействия [8].

В монолитных железобетонных каркасах выделяют сжатые, изгибаемые и растянутые элементы. Сжатые элементы в свою очередь делятся на центрально-сжатые и внецентренно сжатые.

Центрально-сжатыми элементами каркаса условно считаются промежуточные колонны в зданиях и сооружениях, выполненных по связевой конструктивной схеме.

Однако на практике из-за несовершенства геометрических форм и размеров железобетонных элементов, неоднородности бетона и ряда других факторов центрально сжатие в чистом виде практически не встречается. В большинстве случаев встречаются внецентренно-сжатые элементы со случайным эксцентриситетом [11].

Железобетонные элементы со случайным эксцентриситетом чаще всего принимают квадратного или прямоугольного сечения. Продольные размеры колонн и пилонов с целью стандартизации принимаются кратно 50 и 100 мм. Армирование данных элементов выполняется продольной горячекатанной арматурой классов А400 и А500 диаметром 10-40 мм. В качестве поперечного армирования принимается горячекатанная арматурная сталь А240, А500 [7].

Наиболее распространенными изгибаемыми элементами конструкций являются плиты перекрытия и покрытия, балки и ригели. В изгибаемых элементах под действием нагрузки возникает изгибающий момент М и перерезывающая сила Q. В результате действие данных усилий в конструкции возникают трещины и разрушения по нормальным и наклонным сечениям. Прочность изгибаемых конструкций обеспечивается продольным и поперечным армированием, объединенным в пространственные каркасы при помощи вязальной проволоки или электросварки.

В железобетонных конструкциях также выделяются растянутые элементы, которые по аналогии со сжатыми делятся на центрально-растянутые и внецентренно-растянутые ввиду случайного эксцентриситета. В связи с тем, что бетон плохо работает на растяжение, основную часть нагрузки воспринимает на себя продольная арматура, которая располагается симметрично по боковым граням конструкции. В условиях внецентренного растяжения находятся стенки резервуаров, нижние пояса безраскосных ферм и вертикальные несущие элементы монолитных железобетонных каркасов верхних этаж [11].

При моделировании и расчете вертикальных несущих конструкций каркаса необходимо учитывать особенности программного комплекса и его требования к расчету строительных конструкций.

При моделировании монолитных железобетонных каркасов важную роль играет способ задания вертикальных несущих конструкций. Если в качестве вертикальных несущих конструкций выступают колонны, то они моделируются и учитываются в расчетной модели в виде стержневых элементов. В случае, когда вертикальными несущими конструкциями являются стены или пилоны, то они моделируются пластинчатыми элементами. Вопрос отнесения вертикальных несущих конструкций к тому или иному виду конечных элементов определен в пункте 5.1.8 СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» к колоннам следует относить вертикальные (или наклонные) несущие элементы с поперечными сечениями, имеющими соотношение

$$b / a \le 2{,}5 \quad \text{или} \quad h / b > 3, \tag{1}$$

где b – наибольший размер поперечного сечения колонны; а – наименьший размер поперечного сечения колонны; h – высота этажа в свету.

К пилонам относят вертикальные (или наклонные) несущие элементы с соотношением $2{,}5 \le b / a \le 4$. Колонны и пилоны с более вытянутыми поперечными сечениями, выходящими за указанные соотношения, следует относить к стенам [12].

Моделирование колонн осуществляется пластинчатыми элементами. При этом в результате расчета в стержне выдаются усилия на все сечение колонны, а при пластинчатом

моделировании стен и пилонов усилия выводятся в каждом конечном элементе пластины отдельно. При пластинчатом моделировании пилонов появляется возможность просматривать характер распределения напряжений по длине конструкции и подбирать разные диаметры и шаг горизонтального армирования, когда как для стержневых колонн подбирается единый диаметр горизонтальных хомутов, у которых может варьироваться только шаг. В свою очередь стержневыми колоннами удобнее пользоваться при выполнении расчета на продавливание плит перекрытия по замкнутому контуру.

Для монолитных железобетонных пилонов и стен, смоделированных пластинчатыми элементами, значение максимального момента и поперечной силы в плите рассчитывается не для одного узла, в котором стержень соединяется с плитой, а распределяется в соответствии с заданным сечением пилона. В результате этого область верхнего армирования расширяется, по сравнению с колонной заданной стержневым элементом. Соответственно и зона армирования (точка теоретического обрыва арматуры) смещается. Поэтому моменты и поперечные силы в плите перекрытия могут заметно отличаться по конфигурации в плане у колонн, смоделированных стержнями и монолитных пилонов и стен, смоделированных пластинчатыми элементами. Поэтому, при моделировании колонн стержнями, в плитах перекрытия необходимо устанавливать АЖТ, учитывающих конфигурацию сечения железобетонных конструкций.

При выполнении расчетов монолитных железобетонных каркасов необходимо подробно изучить информацию по используемому программному комплексу, так как порядок выполнения расчета стержневых и пластинчатых несущих конструкций может отличаться в каждом отдельно взятом программном комплексе. В случае возникновения сомнений в адекватности некоторых полученных результатов необходимо провести дополнительные расчеты в аналогичных программах или вручную.

Можно с уверенностью сказать, что каркасно-монолитная технология строительства является наиболее востребованной на отечественном строительном рынке. Повышение качества выполнения работ по которой является гарантом поддержания популярности данной конструктивной системы в ближайшем будущем. Для этого необходимо уделять серьезное внимание совершенствованию и унификации технологии расчетов строительных конструкций для минимизации ошибок и его комплексной автоматизации для сокращения время разработки проекта.

Выводы

1. Проведен анализ строительного рынка Российской Федерации, определены преобладающие типы конструктивных систем, наиболее активно используемые при возведении новых объектов гражданской недвижимости.
2. Изучены правила проектирования каркасно-монолитных жилых зданий, которых необходимо придерживаться при выполнении конструктивных расчетов строительных конструкций.
3. Определены особенности выполнения расчетов монолитных железобетонных конструкций, которые необходимо учитывать при разработке проектной и рабочей документации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарануха Н.Л. Комплексная оценка и выбор проектных решений в строительстве: монография. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2009. 202 с.
2. Бредихин В.В. Методические аспекты оценки эффективности развития регионального рынка жилья // Юго-Западный государственный университет. 2019. №3. С. 94-99.

8. Кабанцев О.В.. Москва: МГСУ, 2009. 156 с.

9. Завьялова О.Б. Расчёт вертикальных несущих конструкций высотного здания и резервирование их прочности для предотвращения возможного прогрессирующего обрушения // Материалы V Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников. Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. С. 337-343.

10. Тошин Д.С. Основы расчета железобетона. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. 216 с.

11. Ловыгин А.Н. Инженерные конструкции. Учебно-методический комплекс. Минск: БНТУ, 2019. с. 220. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/57273/Inzhenernye_konstrukcii.pdf?sequence=1 (дата обращения: 24.11.2023).

12. СП 430.1325800.2018. Монолитные конструктивные системы. Правила конструирования. ОКС 91.080.40 (с Изменениями N1). Москва: Минстрой России, 2018. 45 с.

REFERENCES

1. Taranukha N.L. *Kompleksnaya ocenka i vybor proektnyh reshenij v stroitel'stve: monografiya* [Comprehensive assessment and selection of design solutions in construction: monograph]. Izhevsk: Publ. IzhSTU, 2009. 202 p.

2. Bredikhin V.V. *Metodicheskie aspekty ocenki effektivnosti razvitiya regional'nogo rynka zhil'ya* [Methodological aspects of assessing the effectiveness of the development of the regional housing market]. *Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet.* 2019. No. 3, pp. 94-99.

3. *Razvitie promyshlennosti i povyshenie eyo konkurentosposobnosti* [Development of industry and increasing its competitiveness]. Moscow: Ministry of Industry and Trade of Russia, 2013. URL: https://programs.gov.ru/Portal/program/16/pasport (access date: 11/06/2023).

4. *ERZ-analitika. Institut razvitiya stroitel'noj* [ERZ analytics. Institute for the Development of the Construction Industry]. Moscow. 2021. URL: https://erzrf.ru/images/repfle/19059597001REPFLE.pdf (access date: 11/18/2023).

5. Kuznetsova Yu.E. *Novye tekhnologii v stroitel'stve. Ekaterinburg* [New technologies in construction]. Ekaterinburg, 2020. URL: https://pr-flat.ru/blog/novye-tekhnologii-v-stroitelstve-kotorye-izmenyat-otrasl-uzhe-sovsem-skoro/ (access date: 10.31.2023).

6. Handzhi V.V. *Raschet mnogoetazhnyh zdanij so svyazevym karkasom* [Calculation of multi-storey buildings with a braced frame]. Moscow: Stroyizdat, 1977. 187 p.

7. Prior R.C. Identification and preliminary assessment of existing precast concrete floor framing systems. Theses and Dissertations. 2003. 213 p.

8. Kabantsev O.V. *Расчёт и конструирование многоэтажных и высотных монолитных железобетонных зданий* [Calculation and design of multi-storey and high-rise monolithic reinforced concrete buildings]. Moscow: MGSU, 2009. 156 p.

9. Zavyalova O.B. *Raschyot vertikal'nyh nesushchih konstrukcij vysotnogo zdaniya i rezervirovanie ih prochnosti dlya predotvrashcheniya vozmozhnogo progressiruyushchego obrusheniya* [Calculation of vertical load-bearing structures of a high-rise building and reserving their strength to prevent possible progressive collapse]. *Materialy V Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov*. Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, 2016, pp. 337-343.

10. Toshin D.S. *Osnovy rascheta zhelezobetona* [Basics of reinforced concrete calculations]. Tolyatti: TSU Publ., 2017. 216 p.

11. Lovygin A.N. *Inzhenernye konstrukcii. Uchebno-metodicheskij kompleks* [Engineering structures. Training and metodology complex]. Minsk: BNTU, 2019. p. 220. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/57273/Inzhenernye_konstrukcii.pdf?sequence=1 (access date: 11/24/2023).

12. SP 430.1325800.2018. *Monolitnye konstruktivnye sistemy. Pravila konstruirovaniya* [Monolithic structural systems. Design rules]. OKS 91.080.40 (with Amendments N1). Moscow: Minstroj Rossii, 2018. 45 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Канаков Илья Дмитриевич – аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, (426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая д. 7, e-mail: kanakov1999@bk.ru)

Тарануха Наталья Леонидовна – доктор экономических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, (426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая д. 7, e-mail: fpidpo@mail.ru)

Ананин Константин Юрьевич – аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, (426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая д. 7, e-mail: bigpro18@bk.ru)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kanakov Ilya Dmitrievich – graduate student, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikova, (426069, Russia, Izhevsk, Studencheskaya str. 7, e-mail: kanakov1999@bk.ru)

Taranukha Natalya Leonidovna – Dr. Sci. (Econ.), Prof., Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikova, (426069, Russia, Izhevsk, Studencheskaya str. 7, e-mail: fpidpo@mail.ru)

Ananin Konstantin Yurievich – graduate student, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikova, (426069, Russia, Izhevsk, Studencheskaya str. 7, e-mail: bigpro18@bk.ru)

Статья поступила в редакцию 24.01.2024; одобрена после рецензирования 01.02.2024, принята к публикации 20.02.2024.
The article was submitted 24.01.2023; approved after reviewing 01.02.2023; accepted for publication 20.02.2023.