

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 146–159.

Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 146–159.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 692:725

DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-146-159

## Конструкции жилых и общественных зданий: ретроспективный анализ и современные тенденции

**Травуш Владимир Ильич** (Москва). Доктор технических наук, профессор, академик РААСН. Российская академия архитектуры и строительных наук; Городской проектный институт жилых и общественных зданий («Горпроект»). Эл. почта: travush@mail.ru

**Колчунов Виталий Иванович** (Москва). Доктор технических наук, профессор, академик РААСН. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Эл. почта: asiorel@mail.ru

*Аннотация.* В статье приводится ретроспективный анализ конструктивных систем жилых и общественных зданий из железобетона, металла и дерева, получивших применение в последние два-три десятилетия в России и других странах и которые в разной степени направлены на решение проблем безопасности в условиях современных вызовов. Показано, что строительство зданий из индустриальных элементов заводской готовности, в первую очередь – сборного железобетона, является наиболее эффективным видом строительства не только в России, но и во многих стран мира. Это постоянно подтверждается многолетней и современной практикой. На сегодняшний день доля строительства из сборного железобетона постоянно увеличивается. В то же время установлено, что наиболее распространённые типы индустриальных конструктивных систем, применяемых в массовом строительстве, далеко не однозначно позволяют решать задачи безопасности, экономичности, качества и сокращения сроков строительства объектов. Среди разработанных индустриальных конструктивных систем нового поколения высокую защищённость от прогрессирующего обрушения при сейсмических и особых воздействиях обладают монолитные и сборно-монолитные конструкции рамно-связевых каркасов зданий.

*Ключевые слова:* конструктивные системы, жилые здания, индустриальное домостроение, безопасность, технико-экономическая эффективность

*Для цитирования:* Травуш В.И., Колчунов В.И. Конструкции жилых и общественных зданий: ретроспективный анализ и современные тенденции // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 3. С. 146–159. DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-146-159.

## Structures of Residential and Public Buildings: A Retrospective Analysis and Current Trends

**Travush Vladimir I.** (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Academician of RAACS. City Design Institute of Residential and Public Buildings ("Gorproekt"). E-mail: travush@mail.ru

**Kolchunov Vitaly I.** (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Academician of RAACS. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). E-mail: asiorel@mail.ru

*Abstract.* The paper presents a retrospective analysis of structural systems for residential and public buildings made of reinforced concrete, steel, and timber that have been employed over the past two to three decades in Russia and other countries, and which are aimed, to varying degrees, at addressing safety challenges under modern threats. It is demonstrated that the construction of buildings using prefabricated factory-made elements, primarily precast reinforced concrete, represents the most efficient construction approach not only in Russia but also in many countries worldwide. This is consistently corroborated by both long-

standing and recent practice. Currently, the share of precast reinforced concrete construction is steadily increasing. At the same time, it has been established that the most widespread types of industrialized structural systems used in mass construction are far from unambiguous in enabling solutions to issues of safety, cost-effectiveness, quality, and reduced construction timelines. Among the newly developed industrialized structural systems, monolithic and hybrid precast-in-situ concrete structures of frame-and-braced building skeletons offer a high degree of protection against progressive collapse under seismic and other extreme loading conditions.

**Keywords:** structural systems, residential buildings, industrialized building construction, safety, technical and economic efficiency

*For citation:* Travush V.I., Kolchunov V.I. Structures of Residential and Public Buildings: A Retrospective Analysis and Current Trends. In: *Academia. Architecture and Construction*. 2026, no. 3, pp. 146–159, doi: 10.22337/2077-9038-2026-3-146-159.

«Ничто не исчезает из старого – всё развивается,  
и новая жизнь наплывает на старые обломки»  
Иоганн Вольфганг фон Гёте

## Введение

Для того, чтобы оценить объёмы ежегодного строительства жилья и состояние возможностей строительной отрасли заглянем в недавнее прошлое: 110 лет назад 80% населения нашей страны жило в сельской местности в собственных малоэтажных деревянных избах; городской жилищный фонд России составлял около 200 млн кв. м (особняки, доходные дома); значительную часть составляли казармы, подвалы, коечные помещения. Бурный рост городского населения после революции 1917 года привёл к жилищному кризису, особенно остро ощущавшемуся в крупных городах страны. Так, численность населения Москвы с 1923 по 1929 год выросла в полтора раза.

Вариант с малоэтажным жильём в условиях города оказался неэффективным, концепция домов-коммун довольно быстро показала свою несостоятельность. А.В. Щусев определил главные строительные задачи: «техника, экономика и гигиена». Строительство удешевляли всеми возможными способами, планировки квартир прекрасно подходили для комнатного расселения. В 1930-е годы в городах строилось небольшое количество элитных кирпичных «сталинских» домов и в основном дома под коммунальное заселение. К сожалению, продолжалось строительство бараков. Даже в Москве в 1938 году уже было 5,2 тысячи бараков.

Перед государством стояла задача организации массового строительства жилья. Без перехода на индустриальное производство домов эта задача была неразрешима. Активный поиск идей для заводского изготовления жилья нового типа начался в первые же годы советской власти. В 1930 году в статье «Город отдыха и социалистического быта» новатор и изобретатель архитектор Николай Александрович Ладовский писал: «Мы убеждены, что, например, подобие конструкции кузова лимузина, переработанной соответствующим образом для постоянного жилья, сможет быть изготовлено на заводе Автостроя и легко оттуда доставлено на постройку. В сочета-

нии с несущим статическим каркасом это разрешит вопросы многоэтажного стандартного строительства, до сих пор не решённые в технике. На основе этих общих данных могут быть запроектированы корпуса по специальным заданиям... Архитектура сооружения может быть весьма разнообразна по мере увеличения размеров сооружения». Так Н. Ладовский определил идею индустриального строительства жилья, осуществляемую и у нас, и во многих странах мира.

С тех пор большинство стран мира, и, в частности Россия, уже более века испытывают дефицит жилых площадей. На протяжении этого времени, страны стремятся решить эту проблему различными способами, стараясь увеличить скорость строительства и доступность для населения. В середине XX века технический прогресс позволил поэтапно максимально укрупнить строительные элементы зданий, что привело к созданию новых индустриальных строительных систем и повышению темпов ввода жилья в разы. Тем не менее в последние два-три десятилетия эти технологии строительства вновь становятся востребованными. Существующие сегодня индустриальные технологии строительства видятся перспективными многим зарубежным архитекторам, строителям и инвесторам, наряду с другими традиционными способами разрешения жилищного кризиса с учётом современных требований по архитектуре и дизайну, комфорту и функциональности, энергоэффективности и экологичности. Вопросы сокращения издержек, сроков реализации проектов и стоимости сегодня более чем актуальны для строительных компаний и всё чаще находят своё отражение, в том числе в современном строительстве. В связи с этим уместно обратить внимание на конструктивные системы для жилых и общественных зданий из индустриальных элементов как один из способов решения проблемы нехватки новых и расселения ветхих жилых площадей. Так, например, в Республике Беларусь, странах Скандинавии жилые и гражданские здания массового строительства на 80-90 % в настоящее время вводятся из индустриально производимых конструкций [1–4].

В этом контексте давно доказано, что строительство зданий из элементов заводской готовности, в первую очередь – сборного и сборно-монолитного железобетона, является наиболее эффективным видом строительства в любом регионе страны. Созданная в СССР система типового проектирования, производства и строительства зданий из сборного железобетона в современных условиях была разрушена, а без неё ускорение, удешевление и улучшение качества строительства стали трудно осуществимой задачей. Назрела необходимость её восстановления в новой парадигме модульного строительства для реализации Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года<sup>1</sup> и, соответственно, увеличения доли индустриального домостроения к 2035-му году до 75%.

Это подтверждается и современной практикой строительства. На сегодняшний день доля строительства из сборного и сборно-монолитного железобетона и индустриальных модулей постоянно увеличивается. Особенно быстрыми темпами увеличивается строительство из лёгких конструктивных бетонов [5]. И это мировая тенденция. Без индустриального домостроения ни одна страна в Европе (а теперь это и в Азии) не решает в настоящее время задачу массового жилищного строительства. В Китае действуют более 10000 заводов сборного железобетона, работающих главным образом на строительство жилья [6]. По объёмам жилищного строительства Китай вышел на показатель 1,0-1,2 кв. м жилья на человека в год. Очень высокие показатели применения панельного, в том числе в модульном исполнении, домостроения в Германии, Франции, Италии и особенно в скандинавских странах. Так, в Германии ежегодно производится 32 млн куб. м [7] сборного железобетона, в Италии сборного железобетона – порядка 40 млн куб. м [8]. Сложно согласиться с бытующим в публикациях мнением о доминирующем применении в зарубежном строительстве монолитного бетона и железобетона.

В настоящее время в России в среднем на одного человека приходится 25,6 кв. м, что меньше среднедушевых показателей обеспеченности жильём в Европе и США (40-70 кв. м на человека). Жилья в стране, в пересчёте от общего объёма, вводится примерно 0,43-0,45 кв. м на человека в год. При этом изменилась его структура: например, в Москве 80% жилья – это однокомнатные квартиры и студии, а средняя площадь строящихся квартир составляет 45 кв. м. Ежегодно растёт объём

аварийного жилого фонда. Согласно национальным целям, предусмотренным Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года № 309<sup>3</sup>, на каждого россиянина должно приходиться не менее 33 кв. м общей площади жилья к 2030 году. К 2036 году показатель должен увеличиться до 38 кв.м.

В представленной статье приводится в ретроспективе анализ конструктивных систем из различных материалов для жилых и общественных зданий, получивших применение в последние два-три десятилетия с позиций их безопасности, трудозатрат и скорости возведения.

Возвращаясь к истории, можно отметить, что первый жилой дом первого соцгорода Магнитогорска, был построен по проекту архитектора С.Е. Чернышёва, ставшего впоследствии главным архитектором Москвы (рис. 1).

Поиск технологий привёл к панельному домостроению и за рубежом. В 1948 году французский инженер Раймон Камю [9] получил патент на разработку «Процесс строительства», которая произвела революцию в строительной отрасли (рис. 2). Система допускала набор строительных изделий, необходимых для трёх типов домов без возможности перестройки производства к выпуску новых изделий. Существовало даже мнение о необходимости создания единого типа дома для всей территории страны. В результате конструктивно-технологических разработок появились первые типовые проекты крупнопанельных жилых домов с узким шагом несущих стен, для которых разрабатывались номенклатура изделий, формы и технологические линии, где изготавливались изделия только разработанных проектов. Внедрялась так называемая «закрытая» схема типизации.

В Москве первый панельный дом был запроектирован в институте строительной техники Академии архитектуры СССР под руководством архитектора В.И. Богомолова и инженера Г.Ф. Кузнецова. Первый панельный дом в Москве – четырёх-этажное здание со стальной каркасной конструкцией и лёгкими панелями, появился в 1948 году. Уже в следующем году на Хорошёвском шоссе архитекторы М.В. Посохин и А.А.

<sup>1</sup> <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf>

<sup>2</sup> Все иллюстрации в статье, кроме особо оговорённых, взяты из открытого доступа сети Интернет.

<sup>3</sup> «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» (<http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542>).



Рис. 1<sup>2</sup>. Жилой дом в Магнитогорске. Архитектор С.Е. Чернышёв. 1930 год



Рис. 2. Дома системы Камю. Гавр, Франция



Рис. 3. Первый крупнопанельный дом в Черёмушках. Москва. 1956 год

Мдоянц совместно с инженером В.П. Лагутенко построили восемь четырёхэтажных каркасных панельных жилых домов, причём панели для этих домов изготавливали прямо на стройплощадке. Важнее всего оказались сроки – панельные дома строили за 90-100 дней, в то время как на кирпичный дом уходило по году.

С 1959 по 1962 год в стране было создано 200 ДСК, а в 1982 году у нас работал уже 471 комбинат с производительностью 58,4 млн кв. м жилья в год. Были разработаны три технологические схемы изготовления конструкций: конвейерная, поточно-агрегатная и стендовая технологии.

История массового строительства панельных домов началась в 1956 году с опытно-показательного 9-го квартала Новых Черёмушек. Первый четырёхэтажный дом по ул. Гримау, 16 существует до сих пор – уже 70 лет (рис. 3). Всего в этом доме четыре подъезда и 64 квартиры: однокомнатные, двухкомнатные и трёхкомнатные. Все окна выходят на одну сторону. Площадь кухонь составляет от 5,1 до 5,3 кв. м, площадь комнат – 10-11 и 17 кв. м. Санузлы совмещённые. Высота потолков 2,48 метра. За первые семь лет жилищный фонд СССР увеличился на 544 млн кв. м.

Начиная с середины 1960-х годов, в процесс разработки типовых проектов начали активнее включаться архитекторы. Появились дома с улучшенными архитектурно-планировочными решениями. В состав серий начали входить проекты общежитий, домов гостиничного типа, а также девятиэтажные точечные дома. В разработанном климатическом зонировании территории СССР были выделены климатические зоны, для которых была рекомендована разработка серий типовых проектов, учитывающих местные условия строительства. Началось внедрение блок-секционного метода строительства, обеспечивающего на основе внутрисерийной унификации изделий определённое разнообразие жилой застройки за счёт применения различных типов блок-секций (рядовых, торцевых, угловых). В тот же период проводилась кооперация заводов КПД, выпускающих разные конструктивные элементы зданий: наружные и внутренние стены, перекрытия, лестничные марши, санитарные кабины и другие изделия. Все элементы объединялись на строительной площадке, и в результате кооперации возводились жилые дома. Появились панельные дома

с улучшенными планировками: квартиры стали просторнее (рис. 4), потолки – выше. Среднестатистический панельный дом имеет уже не пять, а девять этажей. Современная серия панельных домов П-44 позволяет возводить 17-этажные дома с трёхкомнатными квартирами и потолками высотой 2,64 м. Усовершенствованные серии П-44Т (до 25 этажей), и П-44К (до 17 этажей) имеют наружные трёхслойные панели толщиной 300 мм, высота потолков – 2,7 м. Внешняя панель серии П-44Т своей повышенной теплоизоляцией превосходит кирпичную кладку. Долговечность домов составляет сто лет.

С середины 1970-х годов в стране стали больше работать над повышением архитектурных и эксплуатационных качеств жилища. В этот период важным шагом явилась разработка общесоюзного каталога индустриальных изделий, который создавал возможность проведения их межсерийных унификаций, что обеспечивало возможность перехода к «открытой» системе типизации. За рубежом одной из известных фирм, занимающихся «открытой» системой типизации крупнопанельных жилых домов, являлась датская фирма «Ларсен-Нильсен» [10]. Эта фирма разрабатывала проекты жилых домов на базе модульной координации, основанной на модульной сетке 0,60×0,60 м, и унифицированных планировочных элементах. До 90-х годов XX века шло постоянное совершенствование КПД. Однако не сложно заметить, что прорывных в конструктивном отношении решений практически не было. С начала второго десятилетия двухтысячных годов стали появляться первые предприятия, которые начали проводить серьёзные реконструкции с применением, в основном, импортных технологий и оборудования, чаще всего немецкого и финского производства. Меняются конструктивные решения зданий, когда первые этажи для общественных помещений выполняются из каркасных конструкций, а этажи выше возводятся из крупнопанельных конструкций. Современное высокотехнологическое оборудование позволило относительно быстро переходить на производство различных типоразмеров сборных железобетонных элементов. Этому, несомненно, способствовали государственные программы и сложившаяся разница в ценах по сравнению с монолитными и кирпичными домами. Но, несмотря на проведённую реконструкцию предприятий стройиндустрии и широкие



Рис. 4. Дом-кольцо в Москве. 1972 год



Рис. 5. Крупнопанельные дома в микрорайоне «Северный». Город Курск

возможности в производстве различной номенклатуры изделий с использованием новых технологий, конструктивные решения, архитектурный облик и основные недостатки панельных зданий принципиально практически не изменились (рис. 5). Среди тех же недостатков можно назвать жёсткие планировочные решения без возможности изменения, ограничения по высоте помещений, невозможность или очень ограниченное применение для строительства общественных зданий, жёсткую привязанность технологического оборудования под номенклатуру выпускаемой продукции, а главное – незащищённость панельных зданий от прогрессирующего обрушения при особых воздействиях.

Наряду с крупнопанельным домостроением в СССР впервые в мире было разработано и внедрено объёмно-блочное домостроение. Возведение зданий и сооружений с применением объёмных блоков в нашей стране осуществляется с начала 1960-х годов. Этому способствовала проводимая уже тогда в области строительства техническая политика модульного строительства [11; 12]. В 1985 году после ряда научных работ под руководством С.В. Николаева были разработаны «Рекомендации по проектированию, производству и возведению зданий из железобетонных объёмных блоков».

Технологическая сущность современного крупноблочного метода заключается в проектировании и изготовлении на специализированных предприятиях пространственных модулей – блоков, обладающих высокой степенью технической и эксплуатационной готовности (рис. 6). Эти модули, интегрирующие в своей конструкции несущие и ограждающие функции, элементы отделки, а зачастую и фрагменты инженерно-технических систем, формируют основу для скоростного монтажа зданий и сооружений непосредственно на подготовленной строительной площадке.

Каркасы из таких конструктивных модулей обладают ещё одним важнейшим достоинством. Они позволяют обеспечивать механическую безопасность конструктивных систем не только в условиях сейсмике, при особых и аварийных воздействиях. Первые практические работы в области объёмно-блочного домостроения начались с изготовления объёмных санитарно-технических кабин. В дальнейшем были разработаны качественно новые конструкции зданий из объёмно-пространственных элементов (блоков): блок-комнат, блоков на ширину здания и блок-квартир.

Особого внимания заслуживает опыт компании «МонАрх» [11], которая является инициатором проектирования и возведения домов из железобетонных крупногабаритных модулей (КГМ) нового поколения. Наибольший эффект, проявляющийся в значительном сокращении сроков СМР и в обеспечении высокого качества, достигается при степени заводской готовности, достигающей для модулей квартир до 95-98% и для модулей мест общего пользования – 90-95% (см. рис. 6). Завод изготавливает готовые блоки из лёгкого бетона класса В65 с объёмным весом 1850-1950 кг/куб. м. По статистическим данным компании «МонАрх», скорость монтажа одной блок-секции – 1 этаж в

сутки, соответственно скорость возведения 14-20-этажной секции не превышает четырёх недель (рис. 7). Рассматриваемый тип зданий в наибольшей степени позволяет создать на заводе законченную ячейку [11], которую на площадке остаётся только установить в проектное положение и подключить к внешним коммуникациям, что составляет 15-20% общих трудозатрат на возведение здания. Поэтому блочная схема в наибольшей степени соответствует основному принципу объёмно-блочного домостроения – существенному перераспределению трудозатрат в сферу заводского производства при одновременном общем их снижении на строительной площадке. Это приводит к значительному сокращению сроков строительства. В СССР действовало около двадцати предприятий по производству объёмных блоков (ОБД) для эффективного и самого быстрого строительства жилья.

В настоящее время в стране создана инновационная технология производства объёмных железобетонных блоков с использованием стапельного метода [12], которая обеспечивает высокую гибкость квартирографии, позволяя индустриальным методом создавать разнообразные планировочные решения в рамках сборно-монолитного домостроения. Несмотря на это, такой вид строительства по разным причинам остаётся недостаточно востребованным. В России имеется



Рис. 6. Готовые изделия из лёгкого бетона класса В65  $\gamma = 1850-1950 \text{ кг/м}^3$



Рис. 7. Монтаж железобетонных крупногабаритных модулей (КГМ) «МонАрх»

лишь два завода в Краснодарском крае, по одному в Москве (см. рис. 2) и Воронеже.

Несмотря на ряд отмеченных достоинств крупноблочного модульного строительства, в нём остаётся и ряд существенных недостатков: это и очень жёсткие планировочные решения без возможности изменения, невозможность применения таких конструктивных систем для строительства общественных зданий, сложное индивидуальное заводское технологическое оборудование, применение специальной тяжёлой техники для перевозки и монтажа блоков и др.

Конъюнктура рынка непрерывно меняется. Сегодня более 50% возводимого жилья составляет малоэтажное и индивидуальное строительство. На рынке всё более востребованы малые мобильные индустриальные производства конструкций домов. На комплексе оборудования «Мини-ДСК» мощностью 15 тыс. кв. м общей площади зданий в год можно выпускать продукцию различного назначения (сваи, плиты, перемычки, колонны, ригели и др.). При строительстве новых коттеджных посёлков общей площадью 30-100 тыс. кв. м мобильные производства разворачиваются за месяц.

К отдельному достаточно массовому типу конструкций зданий можно отнести сборно-монолитные конструкции (СМК). Самым ярким представителем этого типа в России стали технические решения, разработанные французской фирмой PPB SARET [13]. Внедрение и широкое развитие в России СМК под названием «РЕКОН» [14] началось в 1993 году на Чебоксарском ДСК. Основными конструктивными элементами каркаса по технологии «РЕКОН» являются (рис. 8): сборные колонны сечением 400×400 мм, сборно-монолитные ригели, сборно-монолитное перекрытие, состоящее из сборных плит – несъемной опалубки, и монолитного перекрытия. Колонны каркаса соединяются в так называемый штепсельный стык. Сечения ригелей могут варьироваться в диапазоне от 200 до 600 мм в зависимости от воздействующих на перекрытие нагрузок. Стыки колонн и ригелей соединяются бессварным методом. Для этого в конструкции колонны при её изготовлении оставляется пустое пространство, куда заходит ригель и которое заделывается после монтажа бетоном. Высота возводимых зданий с конструктивной системой «РЕКОН» может достигать 40 этажей. Уже в 1995 году, несмотря на остановку многих ДСК и падения производства КПД, благодаря своим конкурентным преимуществам технология СМК быстро полу-

чила признание на территории России и стран СНГ. Этому во многом способствовало создание мощной производственной структуры в составе машиностроительных предприятий по выпуску технологического оборудования для модернизации заводов ЖБИ, а также подразделений по проектированию и строительству зданий различного назначения с использованием технологии СМК. Технология СМК стала одной из востребованных на строительном рынке России. С использованием технологии СМК построены сотни объектов различного назначения более чем в 50-ти субъектах РФ, введено в эксплуатацию 60 линий на различных заводах ЖБИ в России (рис. 8). Конструкции рассматриваемого типа отличаются высокой скоростью монтажа здания, возможностью круглогодичного строительства, экономичностью по сравнению с монолитным или кирпичным зданием и высоким качеством отделываемых поверхностей железобетонных изделий. В то же время эти конструктивные системы имеют более трудоёмкое строительство по сравнению с объёмно-блочным (ОБД), требуется большое количество вспомогательного монтажного оборудования, большое количество монолитных работ по сравнению с КПД и ОБД, их применение ограничено только сейсмическими районами.

Применение в отрасли получили и каркасные здания так называемой системы КУБ [13]. Эта система представляет собой сборно-монолитный безригельный каркас, состоящий из плоских панелей перекрытий и вертикальных колонн (рис. 9). К основным достоинствам безригельных каркасов системы КУБ относятся относительно высокая скорость монтажа здания, круглосуточная и круглогодичная возможность строительства, высокое качество отделываемых поверхностей железобетонных изделий. В то же время каркасы этой системы более трудоёмки в строительстве по сравнению с КПД и ОБД. Они требуют большого количества вспомогательного монтажного оборудования.

В сборных и сборно-монолитных каркасных многоэтажных зданиях самым важным элементом является узел сопряжения «колонна-ригель». Данный узел постоянно изменяется и совершенствуется во многих системах каркасных зданий. Постоянный поиск конструкторами наиболее удобного по всем параметрам принципа конструирования узла «колонна-ригель» создаёт большое разнообразие вариантов технических и технологических решений. В подавляющем количестве

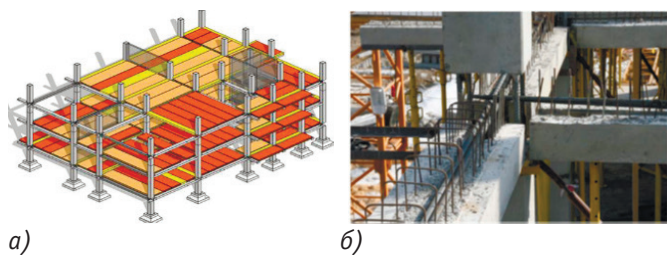


Рис. 8. Конструктивная схема здания по технологии «РЕКОН»: а) схема каркаса; б) общий вид узла сопряжения «ригель-колонна»

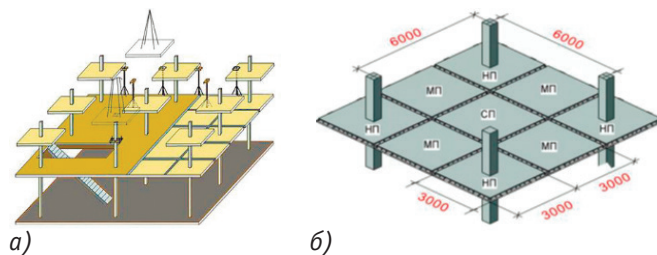


Рис. 9. Система «КУБ»: а) общий вид; б) диск перекрытия конструктивной системы КУБ 2,5

требуется применение большого количества монтажных приспособлений для поддержания ригеля в проектном положении до требуемого набора прочности бетоном в замоноличенном узле, что ведёт к значительным трудозатратам по их установке, демонтажу, перемещению и содержанию. Кроме того, некоторые узлы сопряжения «колонна-ригель» материалоемки, трудны в техническом исполнении на заводе ЖБИ и в условиях строительной площадки.

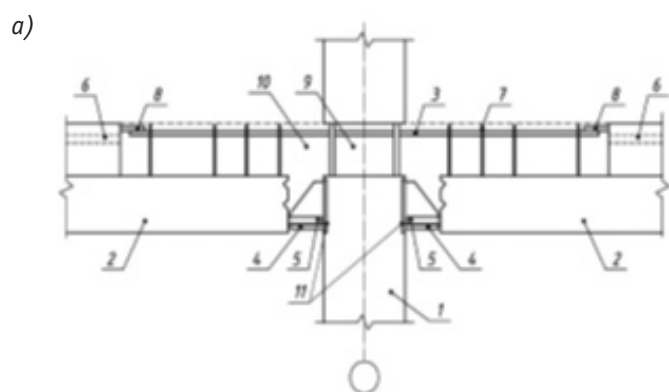
Среди наиболее эффективных конструктивных систем, в том числе для строительства зданий в сейсмических районах страны и обеспечения требований защиты от прогрессирующего обрушения при особых воздействиях, можно отметить сборно-монолитные рамно-связевые конструктивные системы нового поколения.

Система РКД – рамно-связевый каркас с диафрагмами [3]. Это система строительства многоэтажных зданий разработана ООО «ВСКБ им. А.А. Якушева» (Иркутск) как для сейсмически опасных районов (7-9 баллов), так и для несейсмических. Система РКД предназначена для применения в строительстве многоэтажных жилых домов, школ, детских садов, торговых центров и других общественных и вспомогательных зданий, промышленных предприятий, многоэтажных паркингов и т.п. Каркас вписывается практически в любые архитектурно-планировочные решения с возможностью свободной планировки помещений в любой период проектирования, строительства и эксплуатации.

Основой системы РКД (рис. 10) является решение узла сопряжения «колонна-ригель» и применение сборных железобетонных пустотных плит перекрытия без опалубочного формования. При этом современное технологическое оборудование позволяет производить несущие сборные железобетонные изделия (колонна, ригель, диафрагмы жёсткости) любой длины, высоты и конфигурации. Трёхэтажная колонна имеет отверстия, разделяющие её на отдельные

участки с шагом на этаж. Через отверстия проходит верхняя арматура узла «колонна-ригель», расположенная на уровне верхней арматуры сборного железобетонного ригеля в месте максимальных изгибающих моментов жёсткого узла. Ригель переменного сечения по длине имеет выпуски арматуры из нижних торцевых граней и отверстие для пропуска верхней арматуры узла «колонна-ригель». Монтаж ригелей производится опиранием нижних выпусков арматуры ригеля на опорные конструкции колонн. Ригель имеет переменное поперечное сечение с двумя боковыми полками или одной для опирания плит перекрытия, либо без боковых полок. На расстоянии примерно  $1/3-1/4$  длины ригеля с каждой его стороны сечение ригеля меньше, чем в середине, имеющей полную высоту. При такой конструкции ригелей не требуются временные монтажные приспособления для фиксации конструкций перекрытия до набора проектной прочности бетона замоноличивания. Для жилых и общественных зданий каркасов этой системы разработаны эффективные трёхслойные стеновые панели с гибкими связями, которые поэтажно опираются на ригели каркаса и крепятся к колоннам. Опыт внедрения системы РКД [3] по сравнению с монолитным строительством позволил снизить стоимость строительства минимум на 20%, сократить сроки строительства более чем в два раза, снизить расход арматуры минимум на 20%.

К сборно-монолитным каркасам нового поколения относится и конструктивная система из панельно-рамных элементов [15–17]. Эта система предлагается для создания рамно-связевых каркасов жилых и гражданских зданий с повышенной живучестью, обеспечивающих восприятие изменяющихся силовых потоков при особых и аварийных воздействиях. Несущими конструкциями каркаса здания являются панели-рамы, выполненные в виде железобетонных перевёрнутых П- или Н- и L-образных элементов (рис. 11), в нижней части стоек которых устраиваются сквозные проёмы.



- 1 – сборная железобетонная колонна;
- 2 – сборный железобетонный ригель;
- 3 – верхняя арматура узла колонна-ригель;
- 4 – опорная конструкция колонны;
- 5 – выпуски арматуры из нижних торцевых граней ригелей;
- 6 – отверстие для пропуска верхней арматуры узла «колонна-ригель»;

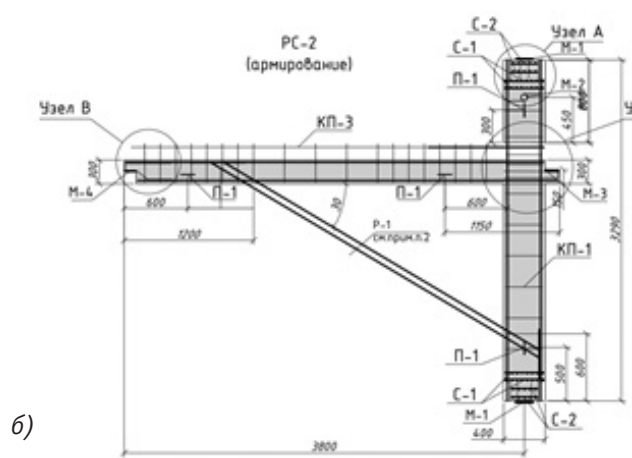
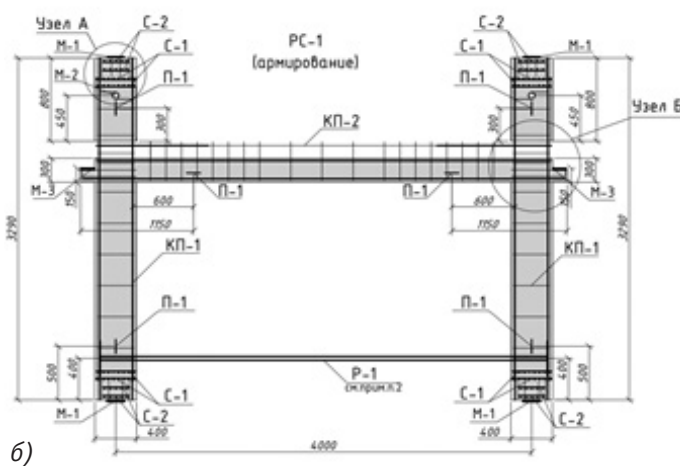
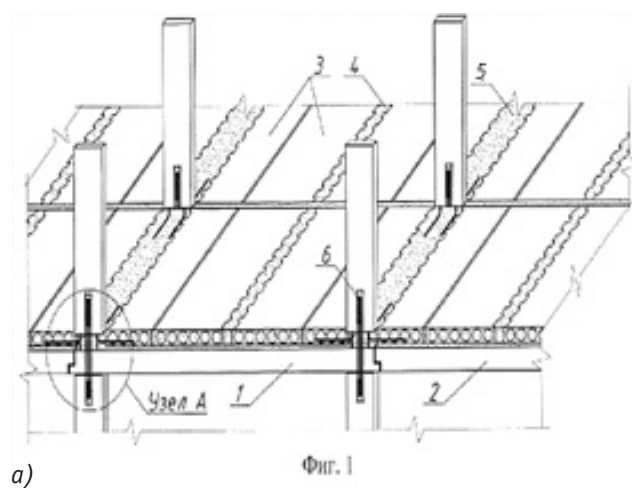


- 7 – замкнутые вертикальные выпуски в пониженной части ригелей;
- 8 – верхние выпуски из торца средней части ригеля;
- 9 – отверстие в колонне;
- 10 – бетон замоноличивания,
- 11 – закладная деталь колонны

Рис. 10. Узел сопряжения «колонна-ригель» (источник: [3]): а) схема; б) общий вид

Ригель этих элементов имеет арматурные выпуски для создания в пространстве между торцами плит перекрытия монолитного участка ригеля. Многopusотные плиты опираются на сборную часть несущих ригелей панелей-рам. В продольном направлении панели-рамы соединены монолитными связевыми ригелями, устраиваемыми между стойками панелей-рам. В оппорной части стоек панелей-рам несущего и связевого ригелей, соединённых рабочей арматурой в проёме колонны, установлены арматурные стержни, которые отогнуты в монолитную часть арматурой этих ригелей. Эти стержни обеспечивают дополнительную защиту каркаса при особой расчётной ситуации – внезапном изменении направления силовых потоков от особого воздействия в виде удаления одной из стоек панели рамы. Прём в нижней зоне стоек рам выполнен на высоту, равную высоте многopusотных плит, а боковые поверхности и торцы плит, опирающиеся на сборную часть ригелей панельно-рамных элементов, имеют призматические шпонки. В процессе монтажа каркаса в верхней зоне ригелей рам над выпусками поперечной

арматуры устанавливается продольная рабочая арматура ригелей, а армированное пространство между торцами плит перекрытия и в проёмах стоек замоноличивается бетоном, образуя тем самым во взаимно ортогональных направлениях жёсткую рамную систему. Соединение сборных L-образных и перевёрнутых П-образных конструктивных элементов между собой по высоте выполняется с помощью так называемого штепсельного стыка [16]. В сравнении с крупнопанельным остовом здания, имеющим жёсткую объёмно-планировочную структуру, предлагаемый каркас здания позволяет обеспечить различные варианты объёмно-планировочных решений для жилых и общественных зданий разной этажности как точечного, так и заблокированного секционного типа. Применение многopusотных плит с терморазъёмами [17] и с их укладкой с выступающими консольными участками плит до 3 м на фасад здания позволяет устраивать балконы, эркеры и другие архитектурные элементы, обеспечивающие объёмную выразительность фасадов зданий. Производство сборных конструкций панелей-рам организуется на техноло-



- 1 – перевёрнутый Н-образный элемент; 2 – L-образный элемент; 3 – многopusотные плиты; 4 – шов замоноличивания; 5 – связевой монолитный ригель; 6 – связи по высоте стоек элементов

Рис. 11. Конструкции каркаса здания из П- или Н- и L-образных элементов: а) схема фрагмента каркаса здания; б, в) сборные элементы; г) опытнй образец

гической линии любого предприятия стройиндустрии ЖБИ или ДСК с использованием оборудования отечественного изготовления, основным из которого являются поворотные столы с магнитами. Проведённый технико-экономический анализ эффективности применения конструктивной системы из панельно-рамных элементов применительно к сборно-монолитному каркасу 17-этажного жилого дома и здания из традиционных крупнопанельных конструкций, выпускаемых предприятиями КПД, по расходу материалов и стоимости каркаса здания [16] показал, что расход конструкционного железобетона в предлагаемом варианте каркаса в среднем снижен на 0,37 на куб. м/кв.м, или на 23,4%.

В Республике Беларусь и Российской Федерации в течение последних двух десятилетий в строительстве получила широкое применения сборно-монолитная конструктивная система многоэтажных зданий «АРКОС» [18] (рис. 12). Эта конструктивная система доведена институтом БелНИИС до уровня типовой серии Б1.020.1-7\*. В настоящее время конструктивная система применяется для жилых и общественных зданий разной этажности, в том числе для зданий повышенной этажности [18]. Несущий каркас «АРКОС» выполняется в различном сочетании сборных или монолитных железобетонных конструктивных элементов. В частности, колонны квадратного, прямоугольного или иного поперечного сечения серий предпроектированы из сборного или монолитного железобетона. Сборные многопустотные плиты толщиной 220 мм в дисках перекрытий могут быть применены как традиционные типовые, изготавливаемые по агрегатно-поточной технологии, так и многопустотные плиты безопалубочного формования и имеют пролёт до 7,2 м. Ригели, скрытые в плоскости перекрытий во всех случаях предусмотрены из монолитного железобетона. Рассматриваемая конструктивная система получила применение в Республике Беларусь и в нескольких регионах России (рис. 12; 13). В настоящее время эта система не рассчитана и не испытана на сейсмическое воздействие. Не проводились исследования таких конструкций на особое воздействие, связанное с защитой от прогрессирующего обрушения<sup>4</sup>. Результаты таких исследований могут вызвать существенные корректировки в рассматриваемых конструктивных решениях каркасов зданий.

Анализируя в целом разработанные сборные и сборно-монолитные железобетонные конструктивные системы,

применённые в стране за последние три десятилетия, можно отметить следующее. Большинство этих систем были заимствованы и адаптированы к российским условиям и сопровождалось приобретением зарубежных технологических линий по их производству. Проектируемые здания с этими конструктивными системами получили разнообразное архитектурное оформление, иногда выходящее за границы возможностей конструктивных решений. Многие из них, даже называемые серийными, не имели должного расчётного обоснования, научного сопровождения при их освоении в опытном строительстве, тем более что их освоение не получило экспериментального подтверждения испытаниями натурных конструкций, как, например, экспериментальное обоснование надёжности новой конструкции сборного железобетонного каркаса, устойчивого к различным воздействиям, проводимое в Китае [19] и ряде других стран при освоении новых массово применяемых конструктивных систем. Это особенно актуально в условиях всё усложняющихся видов воздействий и, соответственно, требований нормативных документов нового поколения, например, обеспечения защиты зданий от прогрессирующего обрушения. Особенно это станет актуальным в случае перехода к проектированию на основе параметрического нормирования [19].

*Монолитные дома.* В 1904 году по проекту русских инженеров А.А. Барышникова и Н.К. Пятницкого был построен маяк Николаевского порта высотой 40,2 м. Это было первое в мире сооружение из монолитного железобетона. В 1908 году выдающийся американский изобретатель Томас Эдисон запатентовал способ строительства жилых домов путём заливки бетона в съёмную металлическую опалубку. Существует несколько разновидностей монолитных домов. В полностью монолитных домах все его составляющие – каркас, перекрытия, стены – из бетона. В монолитно-каркасных домах из бетона выполняют колонны и перекрытия. Внутренние и наружные стены делают из кирпича или панелей. В монолитно-каркасных домах из бетона делают колонны и перекрытия,

<sup>4</sup> ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения» (<https://docs.cntd.ru/document/1200115736>); СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения». Изменения № 1, 2, 3, 4 (<https://docs.cntd.ru/document/551394640>).



Рис. 12. Здания системы серии Б1.020.1-7. Минск, район Новая Боровая



Рис. 13. Здания «Небоскрёб» со сборно-монолитным железобетонным каркасом серии Б1.020.1-7. Минск

внутренние и наружные стены – из кирпича или панелей. Небольшие частные дома из монолита строят довольно редко из-за дороговизны и сложности. Чаще строят частично монолитно-каркасные дома – фундамент и перекрытия из бетона, а стены из других материалов. Монолитные дома позволяют значительно разнообразить архитектурные решения и одновременно решать сложные конструктивные проблемы. Первые четыре дома из монолитного железобетона необычной формы, напоминающие раскрытые книги, были построены в Москве на Новом Арбате в 1960-е годы по проекту группы архитекторов во главе с М.В. Посохиным. В настоящее время в Ялте, в районе с 8-балльной сейсмичностью, возводится многофункциональный жилой комплекс из пяти 20-этажных монолитных корпусов со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями и подземным двухэтажным паркингом (рис. 14)

Каждая башня задумана в виде клина, ориентированного в сторону моря. Для улучшения видовых характеристик и инсоляции квартир сформирована система пилонов и стен с изломами в плане. В «носиковой» части жилых корпусов находятся квартиры большой площади с террасами. Консольный вылет плиты террасы достигает 5 м. Монолитные железобетонные конструкции также целесообразно применять в случае реконструкции объектов, их реставрации или приспособления частей старых зданий. Например, во вновь возводимом корпусе «Садовых кварталов» в районе метро «Фрунзенская» на месте завода «Каучук», построенного в 1916 году по проекту архитектора Р. Клейна, архитектор С.А. Скуратов использовал с одной стороны фасада стену сносимого здания – «Стену Клейна» (рис. 15).

Для этого на время строительства подземного паркинга и несущего каркаса здания сохраняемую стену обвязали каркасом и соединили её временными металлическими конструкциями, обеспечивающими устойчивость стены до

момента интеграции её в новый корпус, и пересадили на свайный фундамент из инъекционных свай.

Интересен опыт строительства жилых монолитных домов на промышленной площадке. На месте бывшего оборонного предприятия в районе метро «Аэропорт» на общей фундаментной плите из монолитного бетона с каркасно-ствольной конструктивной схемой располагается 38-этажная жилая башня, 9-этажное офисное здание и пристроенные трёхэтажные помещения ФОК с бассейном (рис. 16).

**Стальные дома.** Главным преимуществом стального каркаса является возможность использовать большой шаг колонн при их малом поперечном сечении и большие пролёты перекрытий – до 18 м. С применением стальных ферм, имеющих высоту этажа, возможно перекрывать пролёты 60 м и более. Ещё одним преимуществом является скорость возведения несущего каркаса, которая во многом опережает монолитное строительство. Преимущества были широко реализованы при строительстве многоэтажных зданий главным образом в США в начале XX века. Во времена СССР применение стали для объектов «не промышленного» назначения было запрещено. Это привело к тому, что сортамент фасонного проката – двутавры, швеллеры, уголки, трубы – были «адаптированы» для проектирования именно промышленных зданий. В последние десятилетия произошла модернизация предприятий металлургической отрасли. Освоены и выпускаются стали с пределами текучести до 690 МПа, что практически в три раза выше наиболее распространённой в СССР стали 3. В 2014–2016 году ЦНИИСК совместно с металлургами провёл масштабную работу по усовершенствованию современного фасонного проката для более удобного его применения в конструкциях гражданских зданий. В настоящее время карта реализованных проектов зданий со стальным каркасом с разделением по назначению заметно расширилась. Около 30% зданий относятся к многоквартирным жилым домам, детские сады и школы – 23



Рис. 14. Монолитные 20-этажные жилые дома. Ялта



Рис. 15. Интеграция фасада исторического здания в один из корпусов жилого комплекса «Садовые кварталы» (квартал 3). Москва

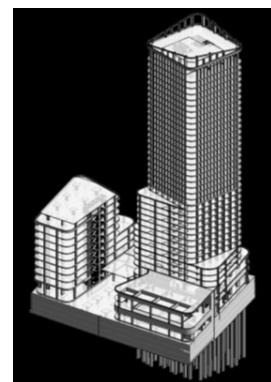
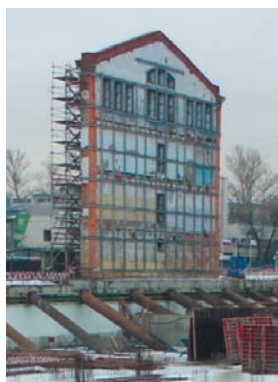


Рис. 16. Каркасно-ствольная конструктивная схема 38-этажной жилой башни с 9-этажным офисным зданием и пристроенным трёхэтажным зданием ФОК

и 19% соответственно. Остальное – гостиницы, общежития, больницы и прочие. Приведём несколько примеров проектов, реализованных в России за последние 10-15 лет, с применением для основного каркаса стальных конструкций. Так, в 2011 году завершено строительство жилого комплекса «Фрегат» (рис. 17 а), 2023 году завершено строительство 37-этажного комплекса апартаментов «Поклонная 9» в Москве (рис. 17 б). В стальных конструкциях были возведены жилые комплексы в Анадыре (рис. 17 в) и Красноярске (рис. 17 г).

Известен и ряд примеров модульного строительства из стали: за пять месяцев в 2013 году была построена гостиница «Холидей Инн» в Воронеже (рис. 18 а), за четыре месяца был построен и введён в эксплуатацию в 2021 году гостиничный комплекс в Туапсе (рис. 18 б). В относительно короткие сроки были построены здания школ на 750 мест в Горно-Алтайске (рис. 18 в) и на 250 мест в Забайкальском крае (рис. 18 г).

**Деревянные здания.** Как известно, деревянные конструкции из-за природных свойств древесины малой тепло-

проводности и массе, простоте обработки, эстетическим и экологическим качествам являются наилучшим строительным материалом для жилья. Наряду с конструкциями домов из оцилиндрованных брёвен и прямоугольных брусьев уникальным строительным материалом для жилищного строительства является клеёный брус, в котором отсутствуют недостатки природных брусьев

Клеёные деревянные конструкции (КДК) изготавливают склеиванием нескольких слоёв заготовок (ламелей) максимальной толщиной 45 мм с расположением волокон древесины в продольном направлении элемента. Максимальная высота конструкции составляет 2 м, длина – 30 м. При необходимости изготавливают более длинные деревоклеёные элементы. Перекрёстно-клеёные панели (ПКП, CLT, X-Lam, BSP, KLH) изготавливают склеиванием ламелей толщиной 16-43 мм, уложенных крест-накрест. CLT-панели состоят из трёх, пяти, семи и более слоёв. Толщина CLT-панелей составляет 50-400 мм, ширина – 1,2-3,6 м, длина 5-18 м. CLT-панели при-

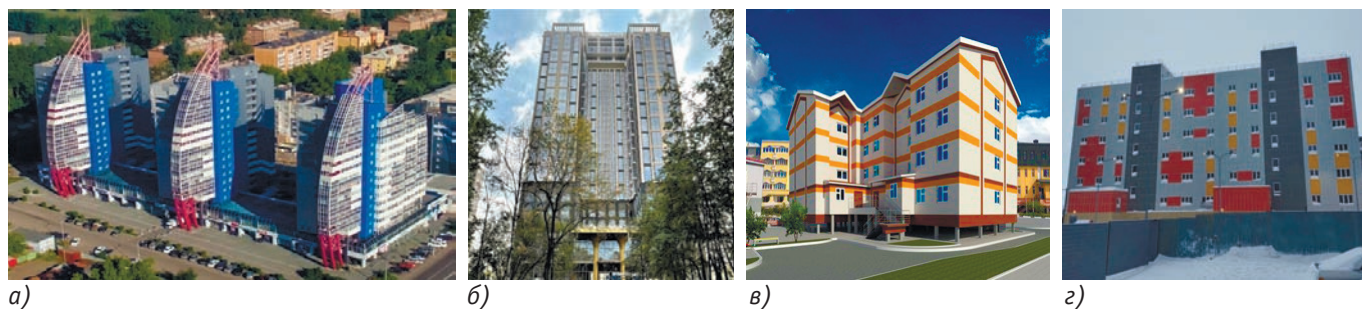


Рис. 17. Здания со стальным каркасом: а) жилой комплекс «Фрегат». Красноярск; б) тридцатиэтажный комплекс апартаментов «Поклонная 9». Москва; в) жилой комплекс. Анадырь; г) жилой комплекс. Красноярск

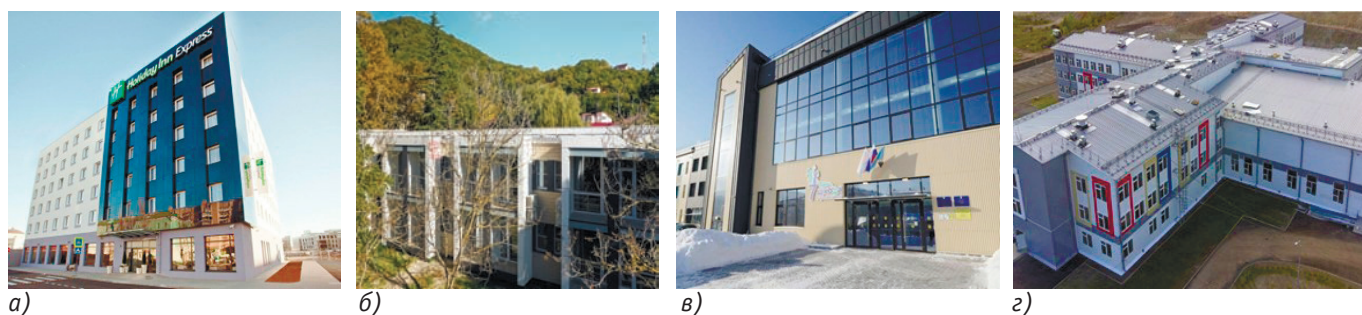


Рис. 18. Примеры модульного строительства: а) гостиница «Холидей Инн». Воронеж; б) модульный гостиничный комплекс. Туапсе; в) школа на 750 мест. Горно-Алтайск; г) школа на 250 мест. Забайкальский край

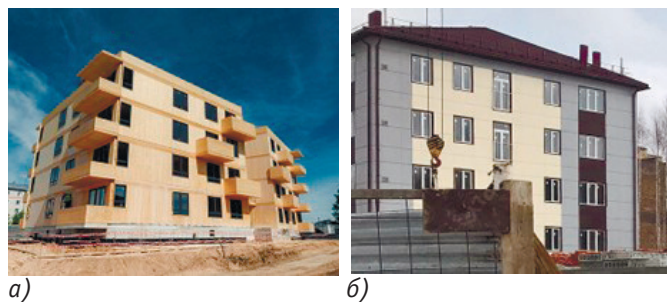


Рис. 19. Деревянные жилые дома: а) дом из CLT – панелей. Вологда; б) дом из LVL-бруса. Новосибирск, ЖК «Горки Академпарка»



Рис. 20. Высотные деревянные здания: а) «фанерный небоскрёб». Лондон; б) многофункциональное 18-этажное здание в Брумунддале. Норвегия

меняют в качестве элементов стен и перекрытий. По сравнению с конструкциями из цельной древесины, CLT-панели и КДК имеют ряд преимуществ: отсутствие ограниченности сортамента, стабильные геометрические размеры, более высокая прочность и жёсткость, лучшая огнеустойчивость для массивных сечений, отсутствие усадки. В качестве примеров построенных в нашей стране зданий можно привести четырёхэтажный деревянный жилой дом из CLT-панелей в Вологде и деревянный многоэтажный жилой дом в ЖК «Горки Академпарка» в Новосибирске, с использованием LVL-бруса изготовленный по технологии склейки под высоким давлением нескольких слоёв лущёного шпона хвойных пород (рис. 19).

Долгое время высотные строения из дерева во многих странах мира были запрещены, в том числе именно из соображений пожарной безопасности. Так, в Канаде до 2015 года типовая высота деревянных строений из CLT-панелей составляла не более четырёх этажей. Первый фанерный небоскрёб был построен в 2009 году в Лондоне (рис. 20 а). Девятиэтажное здание высотой 30 м было почти полностью сконструировано из CLT-панелей, включая несущие стены, перекрытия, лестницы и шахты лифтов. В 2019 году был построен небоскрёб в Брумунддале (Норвегия), представляющий собой многофункциональное 18-этажное здание имеющее высоту 85,4 м. (рис. 20 б).

### Выводы

1. Результаты проведённого анализ конструктивных систем для жилых и общественных зданий, получивших применение в последние два-три десятилетия, показывают, что большинство из этих систем из сборного и сборно-монолитного железобетона. Технологические линии по их производству в начале двухтысячных годов были заимствованы и адаптированы к российским условиям. Их внедрение сопровождалось индивидуальным проектированием конкретных объектов с разнообразными архитектурными решениями, иногда выходящими за границы возможностей конструкций применяемых строительных систем.

2. Наиболее распространённые типы конструктивных систем из железобетона, применяемые в массовом строительстве, далеко не всегда позволяют обеспечивать решение задач механической безопасности, экономичности, качества и сокращение сроков строительства объектов. Среди разработанных конструктивных систем нового поколения высокой защищённостью от прогрессирующего обрушения при сейсмических и особых воздействиях обладают монолитные, сборно-монолитные конструкции рамных и рамно-связевых каркасов. Однако применение последних в массовом строительстве требует экспериментального обоснования испытаниями натурных конструкций фрагментов конструктивных систем, в том числе и на особые воздействия.

3. Строительство жилых зданий с металлическим каркасом, несмотря на возможность использовать большой шаг колонн и

большие пролёты перекрытий, скорость строительства, не получили широкого применения в массовом строительстве в России.

4. Конструкции жилых домов из дерева из-за природных свойств древесины малой теплопроводности и массе, простоте обработки, эстетическим и экологическим качествам являются наилучшим строительным материалом для жилья. Тем не менее их строительство ограничено в нашей стране зданиями малой этажности.

### Список источников / References

1. Румянцев, Е.В. Тенденции сборного высотного домостроения: мировой и отечественный опыт / Е.В. Румянцев. DOI:10.31659/0044-4472-2023-3-13-27 // Жилищное строительство. 2023. № 3. С. 13–27.

Rumyantsev E.V. The Trends in Prefabricated High Rise Housing Construction: World and Domestic Experience. In: *Housing Construction*, 2023, no. 3, pp. 13–27. (In Russ., abstr. in Engl.)

2. Гуринович, В.Ю. Оптимизация производства в условиях выпуска широкой номенклатуры изделий / В.Ю. Гуринович, Д.А. Поздняков, С.Н. Леонович. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.3.419 // Вестник МГСУ. 2025. № 3. С. 419–428.

Gurinovich V.Yu., Pozdnyakov D.A., Leonovich S.N. Optimization of Production under Conditions of Production of a Wide Range of Products. In: *Vestnik MGSU*, 2025, no. 3, pp. 419–428. (In Russ., abstr. in Engl.)

3. Фотин, О.В. Обеспечение технологического суверенитета России / // Строительные материалы. 2025. № 3. С. 37–45.

Fotin O.V. Russia's Technological Sovereignty Ensuring. In: *Construction Materials*, 2025, no. 3, pp. 37–45. (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Солтыс, А.В. Панельный дом с перекрытиями из многопустотных плит: опыт проектирования и строительства / А.В. Солтыс, Д.В. Лубенцов, Г.А. Мордич [и др.]. DOI: 10.33622/0869-7019.2025.07.04-11 // Промышленное и гражданское строительство. 2025. № 7. С. 4–11.

Saltyis A.V., Lubentsov D.V., Mordich G.A., Lozakovich O.V., Mordich G.A. Panel House with Hollow-Core Slab Floors: Design and Construction Experience. In: *Industrial and Civil Engineering*, 2025, no. 7, pp. 4–11. (In Russ., abstr. in Engl.)

5. Каприелов, С.С. Самоуплотняющийся высокопрочный керамзитобетон классов В50-В65 – новое поколение легких бетонов для конструкций высотных зданий / С.С. Каприелов, А.В. Шейфельд, Н.М. Селютин // Строительные материалы. 2023. № 4. С. 42–50.

Kaprielov S.S., Sheyfeld A.V., Selyutin N.M. Self-Compacting High-Strength Expanded Clay Concrete of B50-B65 Classes – a New Generation of Expanded Clay Concretes for Structures of High-Rise Building. In: *Construction Materials*, 2023, no. 4, pp. 42–50. (In Russ.)

6. A Comparative Review of Recent Research Progress in Prefabricated Buildings in China and Other Countries / X. Wu, J. Han, H. Cui, T. [и др.]. DOI: 10.3390/buildings14041062 //

Buildings. 2024. Vol. 14. P. 1062. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1062> (дата обращения 01.07.2026).

Wu X., Han J., Cui H., Li T., Bai X., He Y., Liu N. A Comparative Review of Recent Research Progress in Prefabricated Buildings in China and Other Countries. In: *Buildings*, 2024, Vol. 14, Iss. 4, P. 1062. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1062> (Accessed 07/01/2026). DOI: 10.3390/buildings14041062. (In Engl.)

7. Kirschke, P. The Function and Potential of Innovative Reinforced Concrete Prefabrication Technologies in Achieving Residential Construction Goals in Germany and Poland / P. Kirschke, D. Sietko. DOI: 10.3390/buildings11110533 // *Buildings*. 2021. Vol. 11. P. 533. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/buildings-11-00533-v2.pdf> (дата обращения 01.07.2026).

Kirschke P., Sietko D. The Function and Potential of Innovative Reinforced Concrete Prefabrication Technologies in Achieving Residential Construction Goals in Germany and Poland. In: *Buildings*. 2021. Vol. 11. P. 533. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/buildings-11-00533-v2.pdf> (Accessed 07/01/2026). DOI: 10.3390/buildings11110533. (In Engl.)

8. Modularisation Strategies for Individualised Precast Construction – Conceptual Fundamentals and Research Directions / L. Kolbeck, D. Kovaleva, A. Manny [и др.]. DOI: 10.3390/designs7060143 // *Designs*. 2023. Vol. 7. P. 143. URL: <https://clck.ru/3V4K6r> (дата обращения 01.07.2026).

Kolbeck, L. [et al.] Modularisation Strategies for Individualised Precast Construction – Conceptual Fundamentals and Research. In: *Designs*. 2023. Vol. 7. P. 143. DOI: 10.3390/designs7060143. (Accessed 07/01/2026). (In Engl.)

9. Николаев, С.В. Новые подходы к развитию индустриального домостроения / С.В. Николаев // *Строительство: новые технологии – новое оборудование*. 2019. № 12. С. 73–79.

Nikolaev S.V. New Approaches to the Development of Industrial Housing Construction. In: *Stroitel'stvo: novye tekhnologii – novoe oborudovanie*, 2019, no. 12, pp. 73–79. (In Russ.)

10. Горлов, В.Н. Опыт Франции в решении жилищного кризиса в СССР / В.Н. Горлов. DOI: 10.18384/2310-676X-2018-4-213-218 // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: История и политические науки*. 2018. № 4. С. 213–218.

Gorlov V.N. The French Experience in Solving the Housing Crisis in the USSR. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: History and Political Sciences*, 2018, no. 4, pp. 213–218. (In Russ., abstr. in Engl.)

11. Амбарцумян, С.А. Практичность модульного строительства: опыт прошлого и перспективы / С.А. Амбарцумян, Д.Е. Мочалин, Ю.А. Сьбева. DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_61 // *Строительное производство*. 2024. № 2. С. 61–6577.

Ambartsumyan S.A., Mochalin D.E., S'beva Yu.A. The Practicality of Modular Construction: Past Experience and Prospects. In: *Construction Production*, 2024, no. 2, pp. 61–65. (In Russ., abstr. in Engl.)

12. Коршунов, А.Н. Крупнопанельные дома нового поколения / А.Н. Коршунов // *Жилищное строительство*. 2018. № 3. С. 44–46.

Korshunov A.N. Large-Panel Houses of a New Generation. In: *Housing construction*, 2018, no. 3, pp. 44–46. (In Russ., abstr. in Engl.)

11. Шембаков, В.А. Инновационная индустриальная технология сборно-монолитного каркаса, разработанная ГК «Рекон-СМК» и используемая 20 лет на рынке РФ и СНГ / В.А. Шембаков // *Жилищное строительство*. 2019. № 3. С. 33–38.

Shembakov V.A. Innovation Industrial Technology of Precast-Monolithic Frame Developed by GC "Rekon-SMK" and used 20 Years at the RF Market. In: *Housing Construction*, 2019, no. 3, pp. 33–38. (In Russ., abstr. in Engl.)

12. Коршунов, А.Н. Новая технология изготовления объемных блоков – стапель для индустриального домостроения с гибкой квартирографией / А.Н. Коршунов, Е.Ф. Филатов, А.Р. Гиззатуллин. DOI: 10.31659/0044-4472-2023-10-28-34 // *Жилищное строительство*. 2023. № 10. С. 28–34.

Korshunov A.N., Filatov E.F., Gizzatullin A.R. New Technology for Manufacturing Volumetric Blocks – Slipway for Industrial Housing Construction with Flexible Apartmentography. In: *Housing Construction*, 2023, no. 10, pp. 28–34. (In Russ.)

13. Гибкая система панельного домостроения / А.А. Остретцов, А.Б. Магай, В.М. Вознюк, В.М. Горелкин // *Жилищное строительство*. 2011. № 3. С. 8–11.

Ostretsov A.A., Magay A.B., Voznyuk V.M., Gorelkin V.M. Flexible System of Panel Housing Construction. In: *Housing construction*, 2011, no. 3, pp. 8–11. (In Russ.)

14. Колмакова, Ю.Д. Новые конструктивно-технологические решения для повышения технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий / Ю.Д. Колмакова, Н.И. Фомин. DOI: 10.25628/UNIIP.2023.57.2.015 // *Академический вестник УралНИИПроект РААСН*. 2023. С. 88–93.

Kolmakova Yu.D., Fomin N.I. New Structural and Technological Solutions for Improvement the Precast-Monolithic Systems Technological Survivability of Civil Buildings. In: *Akademicheskij Vestnik URALNIIPROEKT RAASN*, 2023, pp. 88–93. (In Russ., abstr. in Engl.)

15. Коршунов, А.Н. Новая технология изготовления объемных блоков – стапель для индустриального домостроения с гибкой квартирографией / А.Н. Коршунов, Е.Ф. Филатов, А.Р. Гиззатуллин // *Жилищное строительство*. 2023. № 10. С. 28–34. DOI: 10.31659/0044-4472-2023-10-28-34.

Korshunov A.N., Filatov E.F., Gizzatullin A.R. New Technology for Manufacturing Spatial Blocks – Slipway for Industrial Housing Construction with Flexible Apartment Layout. In: *Housing Construction*, 2023, no. 10, pp. 28–34. (In Russ.)

16. Конструктивная система быстровозводимого здания из индустриальных панельно-рамных элементов / Н.В. Фёдорова, С.Ю. Савин, В.И. Колчунов [и др.] // *Строительство и реконструкция*. 2023. № 3. С. 70–81.

Fedorova N.V., Savin S.Yu., Kolchunov V.I., Moskovtseva V.S., Amelina M.A. Building Structural System Made of Industrial Frame-Panel Elements. In: *Building and Reconstruction*, 2023, no. 3, pp. 70–81. (In Russ., abstr. in Engl.)

17. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства / Н.В. Ключева, В.И. Колчунов, Д.А. Рыпаков, А.С. Бухтиярова // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 69–75.

Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Bukhtiyarova A.S. Resideyntial and Public Buildings of Industrially Manufactured Reinforced Concrete Frame-Panel Elements. In: *Housing Construction*, 2015, no. 5, pp. 69–75. (In Russ., abstr. in Engl.)

18. Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий / И.А. Терновский, А.А. Корякин, С.А. Сонин [и др.]. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.12-20 // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 12–20.

Ternovskiy I.A., Koryakin A.A., Sonin S.A., Mordich A.A., Lozakovich O.V., Mordich A.I. Comparison of Expenses for Construction of Monolithic and Prefabricated- Monolithic Bearing structures of Multi-Storey Buildings. In: *Industrial and Civil Engineering*, 2020, no. 1, pp. 12–20. (In Russ., abstr. in Engl.)

19. Experimental Study of a Novel Multi-Hazard Resistant Prefabricated Concrete Frame Structure / K. Lin, X. Lu, Y. Li, H. Guan // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2019. Vol. 119. P. 390–407. URL: <https://clck.ru/3V4P4f> (дата обращения 01.07.2026).

Lin K., Lu X., Li Y., H. Guan. Experimental Study of a Novel Multi-Hazard Resistant Prefabricated Concrete Frame Structure. In: *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2019, Vol. 119, P. 390–407. URL: <https://clck.ru/3V4P4f> (Accessed 07/01/2026). (In Engl.)