

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 161–170.
Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 161–170.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 69.07
DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-161-170

Стандартизация модульных зданий и их конструктивные решения

Трёкин Николай Николаевич (Москва). Доктор технических наук, почётный член РААСН. Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ). Эл. почта: nik-trekin@yandex.ru

Кодыш Эмиль Наумович (Москва). Доктор технических наук, профессор, почётный член РААСН. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2. ЦНИИПромзданий). Эл. почта: otks@narod.ru

Келасьев Николай Геннадьевич (Москва). Кандидат технических наук, советник РААСН. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2. ЦНИИПромзданий). Эл. почта: kelasyev@mail.ru.

Терехов Иван Александрович (Москва). Кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения» Российского университета транспорта [(Россия, 117198, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. РУТ (МИИТ)]; Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2. ЦНИИПромзданий). Эл. почта: terekhov-i@mail.ru

Гасиев Азамат Абдуллахович (Москва). Кандидат технических наук. Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ); Отдел строительных экспертиз Центрального научно-исследовательского и проектного института Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Россия, 119331, Москва, просп. Вернадского, 29. ЦНИИП Минстроя России). Эл. почта: gasiev@bk.ru

Шмаков Сергей Дмитриевич (Москва). Кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения» Российского университета транспорта [(Россия, 117198, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. РУТ (МИИТ)]; Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2. ЦНИИПромзданий). Эл. почта: sergey3456789@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивные решения модулей из железобетона, в том числе крупногабаритные, а также на стальном каркасе, которые в настоящее время производят в России.

Возросший в начале XXI века объём строительства модульных зданий сдерживается недостаточным количеством нормативной и рекомендательной документации, позволяющей ускорить и повысить качество проектирования и возведения зданий самого различного назначения.

В 2023 году институтом «ЦНИИПромзданий» по заказу ФАУ «ФЦС» Минстроя России был разработан ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация».

Целью национального стандарта являлась разработка классификации и уточнение терминов и определений, применяемых для обозначений модульных зданий и самих модулей.

В терминологии для модульного строительства в разработанном ГОСТ Р под «модулем» понимается объёмная конструкция, предназначенная для возведения зданий или использования в качестве отдельно стоящего объекта.

В статье приведены блок-схемы классификации модульных зданий и отдельных модулей и даны предложения по дальнейшему совершенствованию нормативных документов в области модульного строительства.

Ключевые слова: модульное здание, модуль, классификация, конструктивное решение, термины, стандарт.

Для цитирования. Трёкин Н.Н., Кодыш Э.Н., Келасьев Н.Г., Терехов И.А., Гасиев А.А., Шмаков С.Д. Стандартизация модульных зданий и их конструктивные решения // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 3. – С. 161–170. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-161-170.

Standardization of modular buildings and their design solutions

Trekin Nikolay N. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Honorary member of RAACS. Department of Reinforced concrete and Masonry Structures of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU). E-mail: nik-trekin@yandex.ru.

Kodysh Emil N. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Honorary member of RAACS. Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures (127238, Moscow, Dmitrovskoe highway, 46, bldg 2. TsNIIPromzdaniy). E-mail: otk@yandex.ru

Kelasyev Nikolay G. (Moscow). Candidate of Sciences in Technology, Adviser of RAACS. Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures (127238, Moscow, Dmitrovskoe highway, 46, bldg 2. TsNIIPromzdaniy). E-mail: kelasyev@mail.ru

Terekhov Ivan A. (Moscow). Candidate of Sciences in Technology, Docent. The Department of Building Structures, Buildings and Structures of the Russian University of Transport (MIIT) [9, Obraztsova St, Moscow 127994, Russia. RUT (MIIT)]; Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures (127238, Moscow, Dmitrovskoe highway, 46, bldg 2. TsNIIPromzdaniy). E-mail: terekhov-i@mail.ru

Gasiev Azamat A. (Moscow). Candidate of Technical Sciences. Department of Reinforced concrete and Masonry Structures of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU); the Department of Construction and Technical Expertise of the The Institute for Research and Design of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of Russia (29 Vernadskogo avenue, Moscow, 119331, Russia. TsNIIP Minstroyi of Russia). E-mail: gasiev@bk.ru

Shmakov Sergei D. (Moscow). The Department of Building Structures, Buildings and Structures of the Russian University of Transport (MIIT) [9, Obraztsova St, Moscow 127994, Russia. RUT (MIIT)]; Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures (127238, Moscow, Dmitrovskoe highway, 46, bldg 2. TsNIIPromzdaniy). E-mail: sergey3456789@gmail.com

The article discusses the design solutions of reinforced concrete modules, including large-sized ones, as well as those on a steel frame, which are currently produced in Russia.

The increased volume of construction of modular buildings at the beginning of the 21st century is hampered by an insufficient amount of regulatory and advisory documentation that makes it possible to speed up and improve the quality of the design and construction of buildings for a wide variety of purposes.

In 2023 TsNIIPromzdaniy, by order of the FAU FCS of the Ministry of Construction of the Russian Federation, developed GOST R "Modular buildings and structures. Terms and Definitions. Classification".

The purpose of the national standard was to develop a classification and clarify the terms and definitions used to designate modular buildings and the modules themselves.

In the terminology for modular construction in the developed GOST R, a "module" is understood as a volumetric structure intended for the construction of buildings or use as a separate object.

The article provides block diagrams for the classification of modular buildings and individual modules and makes proposals for further improvement of regulatory documents in the field of modular construction.

Keywords: modular building, module, classification, design solution, terms, standard

For citation. Trekin N.N., Kodysh E.N., Kelasyev N.G., Terekhov I.A., Gasiev A.A., Shmakov S.D. Standartization of Modular Buildings and Their Design Solutions. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 3, pp. 161–170, doi: 10.22337/2077-9038-2024-3-161-170.

Введение

Развитие производственного и монтажного оборудования, появление новых современных материалов, а также совершенствование транспортирования готовой продукции позволяют реализовать преимущества зданий, возводимых по модульным технологиям, среди которых значительное сокращение времени возведения, повышение качества, учитывая заводское изготовление модулей, и как итог – снижение стоимости строительства.

Модульное строительство в СССР появилось ещё в 1960–1970-е годы. Фасад здания из объёмных железобетонных модулей практически не отличался от многоэтажного крупнопанельного здания [1; 2] (рис. 1). Также применялись быстровозводимые малоэтажные и одноэтажные здания, чаще мобильные, для временного размещения людей или оборудования [3].

¹ Все иллюстрации в статье, кроме особо оговорённых, взяты из открытого доступа сети Интернет.

В зарубежных странах в тот же период также велось активное строительство модульных зданий. Одним из ярких примеров является 12-этажный жилой комплекс со 146-ью квартирами в Монреале «Хабитат-67» (рис. 2).

Конструктивные решения модулей

В нашей стране сохранились предприятия, изготавливающие объёмные железобетонные модульные здания по советскому типу, например завод в Краснодаре [5; 6].

В Воронеже в 2012 году был построен завод, который производит железобетонные модули типа «колпак» для многоэтажных жилых домов (рис. 3). Модули уже имеют предварительно выполненную отделку. За один день на строительной площадке можно установить один этаж [7; 8].

В России также разработан вариант крупногабаритных железобетонных модулей, изготовленных в заводских условиях с предварительно выполненной внутренней отделкой и инженерной оснасткой (рис. 4). Изделия прошли экс-



Рис. 1. Модульное строительство в СССР



Рис. 2. Жилой комплекс «Хабитат-67»



Рис. 3. Монтаж железобетонного модуля типа «колпак»



Рис. 4. Пример компоновки здания из крупногабаритных железобетонных модулей

периментальную проверку на силовые эксплуатационные воздействия, транспортные и монтажные нагрузки.

Базовый крупногабаритный модуль состоит из плоских элементов, которые собираются на заводе-изготовителе в объёмную конструкцию (рис. 5). Габаритные размеры модуля могут достигать 15,5 м в длину, 7,5 м в ширину и 3,55 м в высоту, что позволяет изменять планировку и использовать помещения для общественного назначения, объединяя при необходимости два или три таких модуля [9].

Рассматривая зарубежный опыт строительства модульных зданий, можно выделить ряд высотных зданий [10], а также материалы модулей, которые применялись при строительстве этих зданий (табл. 1).

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что большое количество модульных высотных зданий построено с использованием объёмных модулей, а также модулей из стали (рис. 6).

В настоящее время в России применение технологии возведения многоэтажных зданий из модулей со стальным каркасом расширяется, и уже имеется положительный опыт строительства таких зданий высотой до 12 этажей.



Рис. 5. Объёмный крупногабаритный модуль

Среди построенных объектов можно отметить серию зданий, выполненных в рамках проведения строительства федеральных высокотехнологичных медицинских центров, для которых в городе Череповце было организовано производство стальных модулей в 2009–2010 годы.

Рассмотрим более подробно строительство шестиэтажной модульной гостиницы на 145 номеров в Воронеже, выполненное в 2013–2014 годах. По данным [12] модули, из которых изготовлено здание, представляют собой крупноразмерные строительные блоки (рис. 7). Основные габариты модульных элементов: ширина модулей от 3,0 до 4,5 м; длина от 6,0 до 20,0 м; высота 3,5 м.

Несущие конструкции модулей – стальной профиль, образующий каркас по балочно-стоечной схеме [13] (рис. 8). Модули на производстве свариваются из каркаса для устройства пола, потолочного каркаса и несущих стеновых конструкций. На каждой грани имеются диагональные связи, которые обеспечивают геометрическую неизменяемость модуля и общую устойчивость здания после монтажа модулей. Соседние модули объединяются с помощью сварки через соединительные пластины.

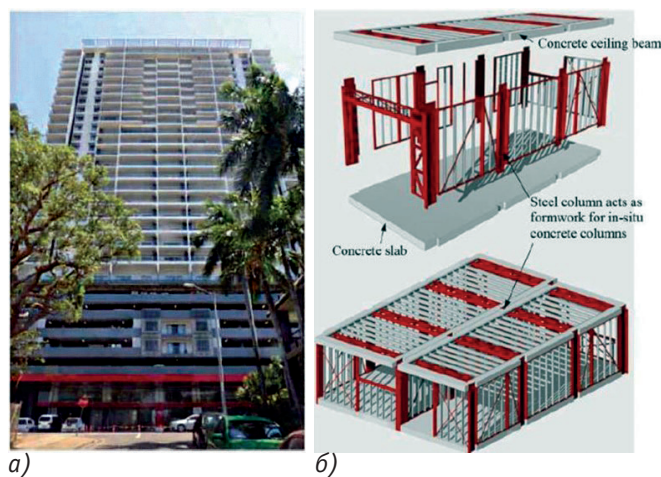


Рис. 6. Башня SOHO. Австралия: а) фасад здания; б) модульный блок

Таблица 1. Высотные модульные здания

№	Объект	Этажность	Год	Расположение	Тип модулей	Материал модуля
1	Collins house	60	2019	Мельбурн, Австралия	Панельные объёмные	Бетон
2	J57 mini sky city tower	57	2015	Чанша, Китай	Панельные	Сталь
3	Croydon tower	44	2020	Лондон, Англия	Объёмные	Сталь
4	Atira student accommodation	44	2018	Мельбурн, Австралия	Панельные объёмные	Бетон
5	La trobe tower	44	2016	Мельбурн, Австралия	Панельные объёмные	Бетон
6	Clement canopy	40	2019	Сингапур	Объёмные	Бетон
7	B2 tower	32	2016	Нью-Йорк, США	Объёмные	Сталь
8	T30 hotel tower	30	2011	Цзяньинь, Китай	Панельные	Сталь
9	Apex house	29	2017	Лондон, Англия	Объёмные	Сталь
10	Soho tower	29	2014	Дарвин, Австралия	Объёмные	Сталь

Необходимость разработки стандарта

Резко возросший в начале XXI века объём строительства модульных зданий сдерживается недостаточным количеством нормативной и рекомендательной документации, позволяющей ускорить и повысить качество проектирования и возведения зданий самого различного назначения [14–16].

В 2021 году на территории Российской Федерации вступил в действие СП 501.1325800.2021 «Здания из крупногабаритных модулей. Правила проектирования и строительства. Основные положения»², который не регламентирует классификацию модулей заводского изготовления и распространяется к тому же только на крупногабаритные железобетонные конструкции.

В 2022 году Минстроем России был принят План мероприятий (Дорожная карта) по разработке, актуализации и утверждению документов нормативно-технического регулирования, направленных на развитие технологий модульного строительства в Российской Федерации, в котором была предусмотрена разработка ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация»³.

В 2023 году данный стандарт был разработан АО «ЦНИИ-Промзданий» на базе перечисленных ниже ранее выполненных научно-исследовательских работ по заказу ФАУ «ФЦС» Минстроя России:

– «Выполнение работ по мониторингу и анализу мировой практики строительства зданий заводского изготовления, включая модульные здания, типовые конструкции и унифицированные решения» (2022);

– «Совершенствование конструктивно-технологических решений для строительства модульных быстровозводимых многоэтажных зданий» (2022);

– «Исследования, разработка и внедрение универсальной объёмно-блочной модульной системы с металлическим каркасом для строительства жилых и общественных зданий» (2023).

Утверждение документа планируется во второй половине 2024 года.

² <https://docs.cntd.ru/search?q=СП%20501.1325800.2021%20>

³ <https://docs.cntd.ru/document/1301961676>



Рис. 7. Монтаж модулей гостиницы в городе Воронеже

Целью национального стандарта являлась разработка классификации и уточнение терминов и определений, применяемых для обозначений модульных зданий и самих модулей.

Разработанный проект стандарта вызвал большой интерес как у представителей заказчика, так и производителей и строителей модульных зданий. В ходе публичного обсуждения поступило 125 замечаний, которые были отражены в Сводке отзывов и предложений.

Документ прошел экспертизу ТК 465 «Строительство», в том числе в профильных подкомитетах ПК10 «Жилые, общественные и производственные здания и сооружения», ПК 20 «Металлические конструкции» и ПК25 «Ограждающие конструкции зданий, в т.ч. фасадные».

Сотрудники института выступали с докладами по разработке ГОСТ Р на VI Международном форуме «Малоэтажная Россия 2023» и «Эко архитектура и инновационный дизайн. Алюминиевые решения в модульном строительстве для жилых и общественных зданий, объектов туристической инфраструктуры».

Структура и область применения документа

Разработанный ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация» включает в себя следующие разделы:

1. Область применения;
 2. Нормативные ссылки;
 3. Термины и определения;
 4. Классификация;
- Алфавитный указатель терминов;
- Приложение А. Блок-схема классификации модульных зданий и модулей;
- Приложение Б. Виды и разновидности (номенклатура) модульных зданий по функциональному назначению;

Библиография.

Документ устанавливает термины и определения, классификацию модульных зданий и их конструкций, а также распространяется на модульные здания различного функционального назначения.

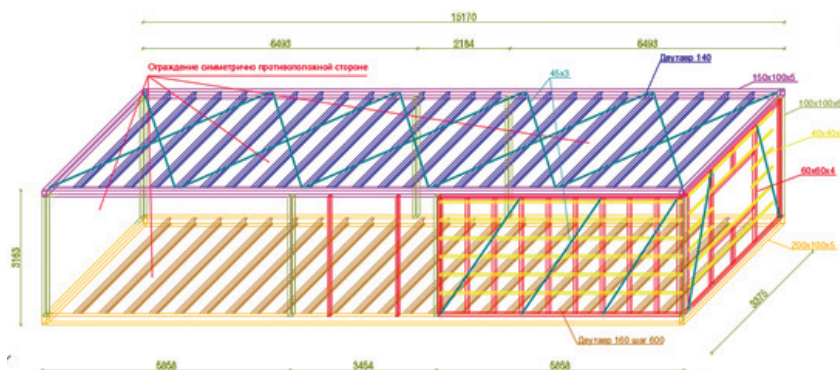


Рис. 8. Конструкция каркаса модуля

Термины и определения

Основным термином в документе является «модуль».

Необходимо отметить, что термин «модуль» широко используется в области модульной координации размеров в строительстве. Например, в ГОСТ 28984-2011⁴ под модулем (основным модулем) понимается условная единица измерения для взаимной согласованности и координации размеров зданий и сооружений. Значение основного модуля принимают равным 100 мм и обозначают «М».

В терминологии для модульного строительства в разработанном ГОСТ Р под «модулем» понимается объёмная конструкция, предназначенная для возведения зданий или использования в качестве отдельно стоящего объекта.

К термину дано примечание о том, что в существующих нормативных документах используются аналогичные по смыслу термины – «конструктивный блок», «объёмно-блочная конструкция» и модуль здания (сооружения), например, в стандартах оборонной продукции.

Ещё одной особенностью является то, что транспортирование модулей может осуществляться как в собранном, так и в разобранном виде, в виде плоских линейных элементов или транспортно-упаковочных комплектов с последующей

сборкой на строительной площадке, что также отражено в примечании к термину «модуль».

«Модульным зданием», в терминологии ГОСТ Р, является здание, состоящее из одного и более модулей. Модульное здание может быть некапитальным (мобильным) или капитальным.

Особенностью модульных зданий также является то, что отдельные модули могут выполняться в виде инженерно-технических модулей, которые предназначены для размещения инженерно-технических помещений, включая санитарно-технические, инженерные коммуникации.

Были также предложены разработаны термины, отражающие особенности конструктивных решений модульных зданий, такие как «несущие модули», «самонесущие модули», «пространственный элемент», «коннектор» и другие.

Стандарт учитывает возможность сборки модулей не только из плоских, но и «пространственных элементов», состоящих из стержневых и/или плоских элементов, формирующих две и более плоскости,

Классификация модульных зданий

Основная задача при разработке классификации состояла в осуществлении максимального охвата существующих вариантов исполнения модульных зданий и самих модулей.

Блок-схема классификации модульных зданий представлена на рисунке 9.

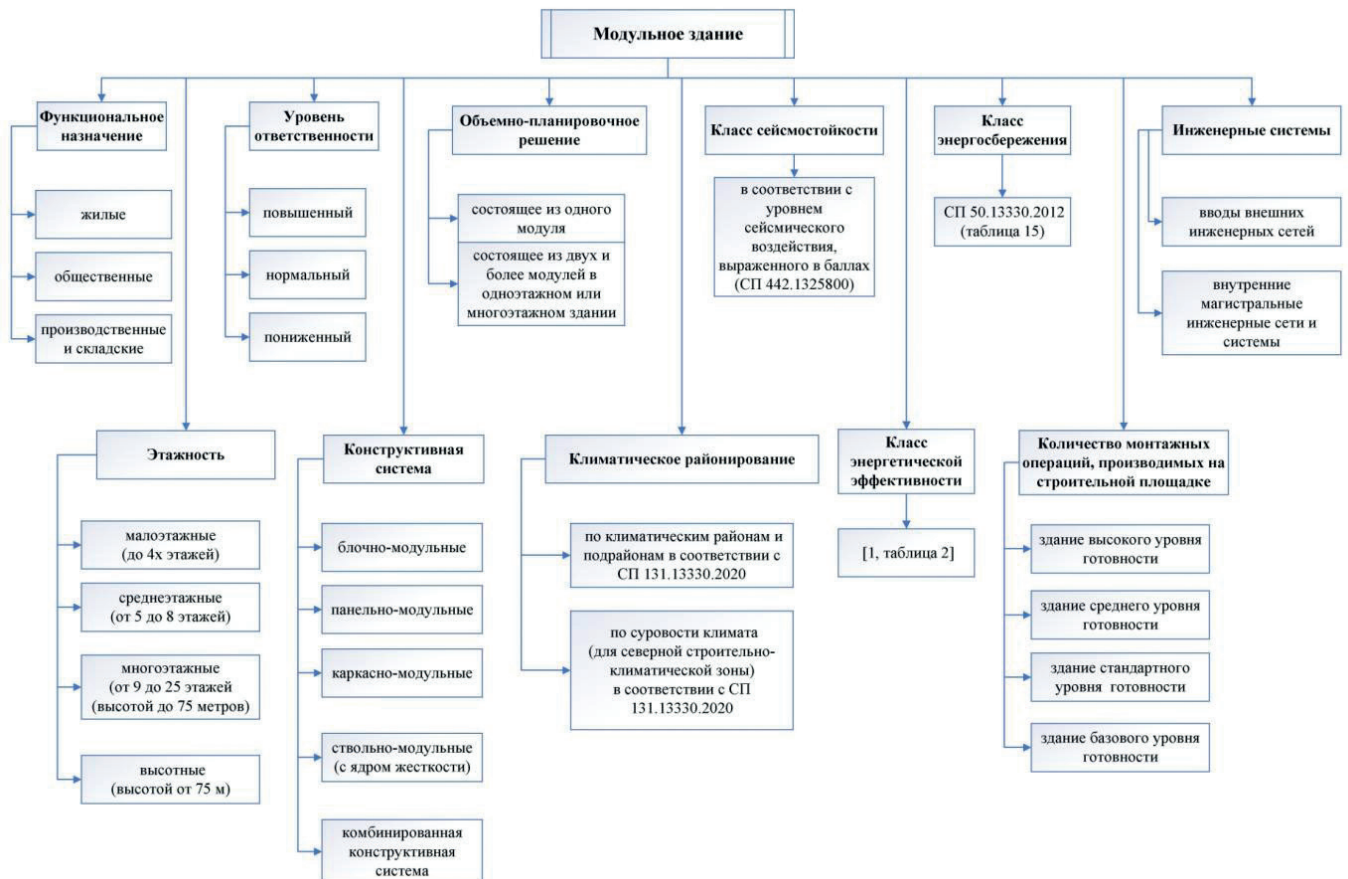


Рис. 9. Блок-схема классификации модульных зданий. Разработана авторами статьи

Модульные здания, как и здания с традиционным методом монтажа, по назначению могут быть жилыми (одноквартирные и многоквартирные дома), общественными (школа, здравпункт, баня и др.), производственными (мастерские, лаборатории, модульные установки, электростанции и др.), складскими, вспомогательными (диспетчерская, душевая, столовая и др.).

В приложении Б ГОСТа Р приведены основные типы зданий по функциональному назначению, проектируемые на основании действующих нормативных документов СП 54.13330, СП 56.13330, СП 118.13330, СП 113.13330⁵. Конкретные подтипы указанных типов зданий могут быть уточнены при адресном проектировании, предполагающем их классификацию по назначению и функционально-технологическим особенностям.

Модульные здания по этажности подразделяют на малоэтажные (до 4-х этажей, среднеэтажные (от 5 до 8 этажей), многоэтажные (от 9 до 25 этажей, высотой до 75 м), высотные (высотой от 75 м).

На этапе публичного обсуждения поступило много замечаний и предложений по корректировке классификации модульных зданий по конструктивным системам, которые в окончательной редакции подразделяют на блочно-модульные, панельно-модульные, каркасно-модульные, ствольно-модульные (с ядром жёсткости), с комбинированной конструктивной системой (рис. 10).

Документ также содержит примечания, поясняющие каждую из конструктивных систем:

1) блочно-модульная конструктивная система – конструктивная система, целиком состоящая из предварительно изготовленных отдельных модулей, соединённых между собой. Восприятие нагрузок и воздействий обеспечивается работой конструктивных элементов модулей, а также элементов крепления;

⁵ СП 54.13330 «Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения» (<https://docs.cntd.ru/document/1200095838>); СП 56.13330.2021 «Производственные здания» (<https://docs.cntd.ru/document/728193558>); СП 118.13330.2022 «Общественные здания и сооружения» (<https://docs.cntd.ru/document/351102147>); СП 113.13330 «Стоянки автомобилей» (<https://docs.cntd.ru/document/1303674240>).

2) панельно-модульная конструктивная система – конструктивная система, состоящая из модулей, а также из плоских стеновых панелей. Объём здания формируется как из предварительно изготовленных модулей, так и из стеновых панелей, формирующих помещения, где ограждающими конструкциями могут выступать несущие или самонесущие панели и стены рядом стоящих модулей. Восприятие нагрузок и воздействий обеспечивается работой конструктивных элементов модулей, стеновых панелей, а также элементами их крепления;

3) каркасно-модульная конструктивная система – конструктивная система, в которой модули являются самонесущими и опираются на несущие элементы каркаса. Пространственная жёсткость и устойчивость обеспечивается работой каркаса здания;

4) ствольно-модульная – конструктивная система, в которой пространственная устойчивость обеспечивается ядром жёсткости (стволом).

5) комбинированная конструктивная система – конструктивная система, содержащая элементы вышеперечисленных систем зданий, например, панельно-каркасная, состоящая из ограждающих конструкций, перекрытий, стоек, связей и прочих несущих элементов, предназначенных для обеспечения требуемой жёсткости каркаса».

Классификация модулей

Помимо классификации модульных зданий была разработана классификация и самих модулей. Для модулей было выделено 13 классификационных признаков, которые представлены на блок-схеме (рис. 11).

Несущие конструкции модулей могут быть изготовлены из железобетона (монолитные, сборные), на металлическом каркасе, на деревянном каркасе, комбинированными.

По габаритным размерам модули были классифицированы на малогабаритные (до 15 м²), среднегабаритные (от 15 до 50 м²) и крупногабаритные (свыше 50 м²). Размеры в плане определяются объёмно-планировочными решениями и условиями транспортирования, которые выполняют в соответствии с правилами дорожного движения. Высота модуля

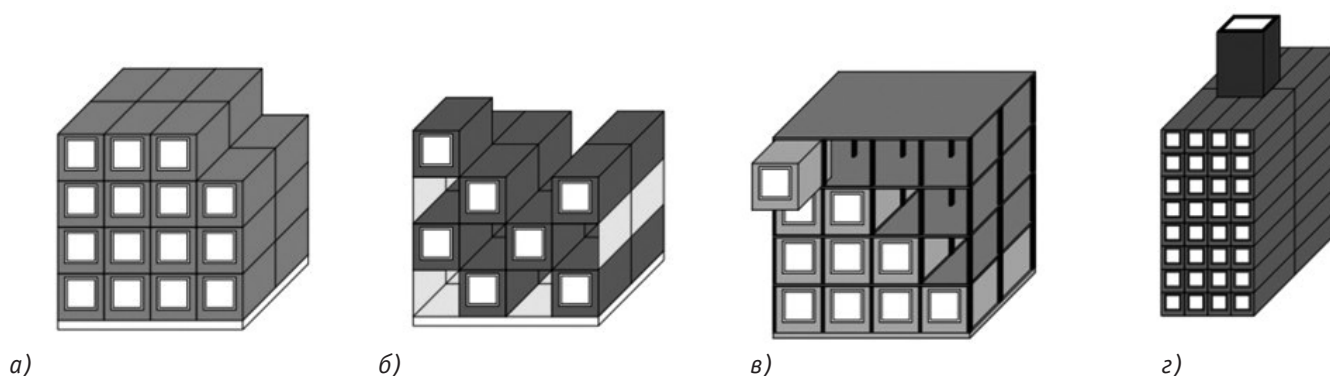


Рис. 10. Конструктивные системы модульных зданий: а) блочно-модульная система; б) панельно-модульная система; в) каркасно-модульная система; г) ствольно-модульная система

определяется функциональным назначением помещения и возможностями транспортирования модуля.

Ещё одной особенностью с точки зрения формирования объёмно-планировочных решений является возможность размещения в одном модуле как части помещения, так и одного, двух или более помещений.

С конструктивной точки зрения для объединения модулей в одно здание в зависимости от типа соединительного элемента применяют штепсельное, коннекторное, болтовое, нагельное, сварное или комбинированное соединения.

При этом необходимо также обеспечить геометрическую неизменяемость каждого отдельного модуля.

Спецификой модульных зданий и их основным преимуществом является возможность применения модулей на строительной площадке с различным уровнем готовности модулей:

- высокий уровень готовности модуля: произведён монтаж несущих и ограждающих конструкций модуля, выполнена разводка инженерных систем модуля в зависимости от функционального назначения, завершена отделка модуля, установлено инженерное оборудование;
- средний уровень готовности модуля: произведён монтаж несущих и ограждающих конструкций модуля, выполнена разводка инженерных систем модуля в зависимости от функционального назначения;
- стандартный уровень готовности модуля: произведён монтаж несущих и ограждающих конструкций модуля;
- базовый уровень готовности модуля: – произведён монтаж несущих конструкций модуля.

Заключение

1. Были рассмотрены примеры отечественного и зарубежного многоэтажного строительства зданий с железобетонными и стальными модулями. При этом модули могут быть выполнены и с другими конструктивными решениями, в том числе на алюминиевом или деревянном каркасе, а также с применением комбинированных материалов.

2. На сегодняшний день в отечественной нормативной документации нет определения и классификации модульных зданий и конструкций и методов их испытаний. Разработка стандарта обусловлена необходимостью установления единых требований к применяемым терминам и классификации. Термин «модуль» в настоящее время используется различными организациями, но не всегда корректно.

3. В разработанном ГОСТ Р «Модульные здания и конструкции. Термины и определения. Классификация» приведены термины, отражающие особенности конструктивных решений модульных зданий, в том числе при транспортировании модуля в разобранном виде в виде плоских линейных элементов или транспортно-упаковочных комплектов с последующей сборкой на строительной площадке.

4. Разработана классификация модульных зданий и самих модулей, представленная на блок-схемах. Для модульных зданий было выделено 11 классификационных признаков, для модулей – 13.

Ввиду большого разнообразия этажности зданий из модулей, нагрузок и воздействий, материалов модулей, требующих различных объёмно-планировочных и конструктивных реше-

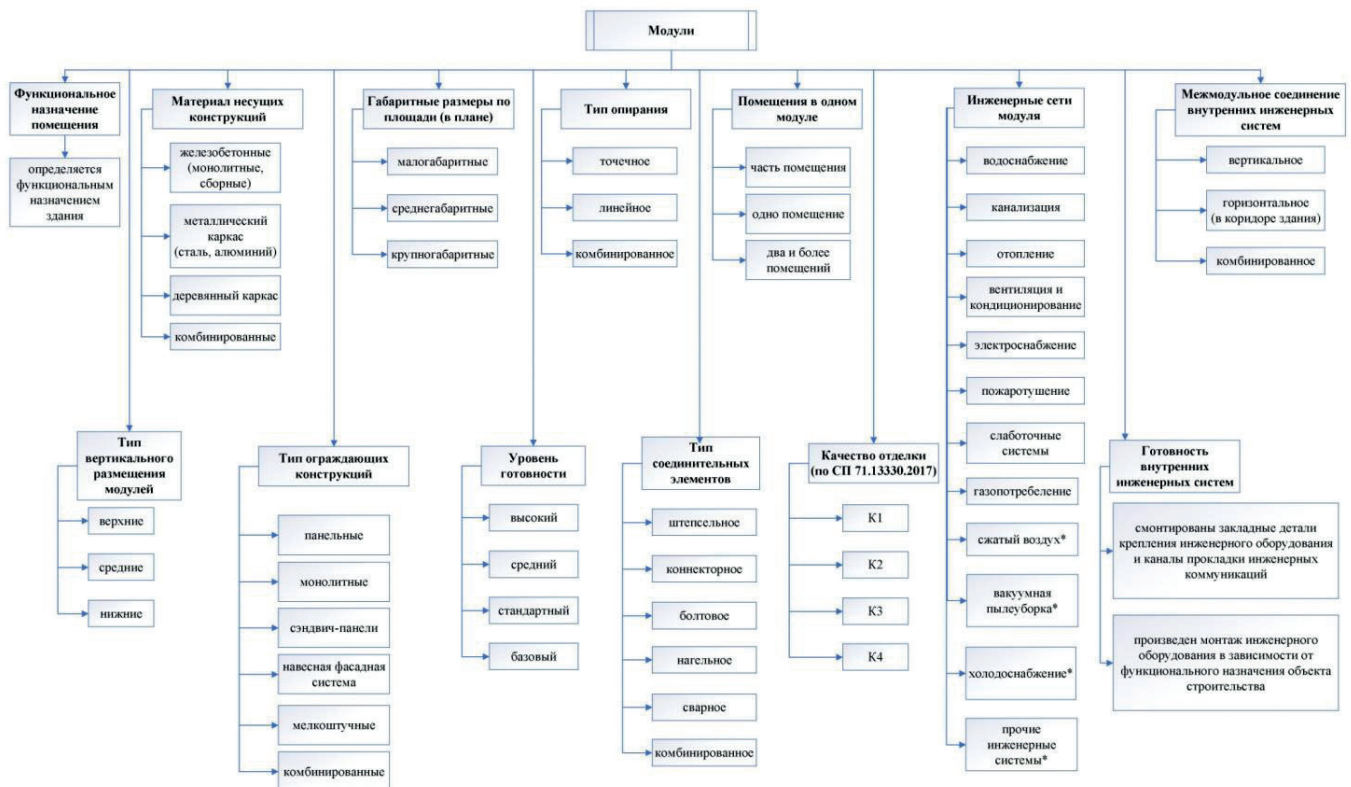


Рис. 11. Блок-схема классификации модулей. Разработана авторами статьи

ний, авторами статьи завершена разработка свода правил «Здания и сооружения модульные. Правила проектирования», в котором приведены общие положения по проектированию модульных зданий и сооружений.

Выводы. Предложения по дальнейшему совершенствованию нормативных документов

Учитывая особенности работы внутримодульных и межмодульных соединений целесообразно рассмотреть вопросы разработки стандартов в области испытаний модулей по материалу несущих конструкций [17]. Например, для железобетонных модулей предлагается разработка следующих национальных стандартов.

- ГОСТ Р «Модули с несущими конструкциями из железобетона. Методы испытания нагружением»;
- ГОСТ Р «Модули с несущими конструкциями из железобетона. Методы испытаний на сейсмические воздействия»;
- ГОСТ Р «Модули с несущими конструкциями из железобетона. Методы испытания на доэксплуатационные нагрузки»;
- ГОСТ Р «Соединительные элементы модулей. Методы испытания нагружением».

Список источников

1. Тешев, И.Д. Объемно-блочное домостроение / И.Д. Тешев, Г.К. Коростелёва, М.А. Попова. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2016. – № 3. – С. 26–33;
2. Белозёрский А.М. Массовое строительство в России из объёмных блоков / А.М. Белозёрский. – Текст : непосредственный // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2016. – № 9. – С. 280–287.
3. Дубынин, Н.В. Мобильные и модульные здания: трансформируемая застройка / Н.В. Дубынин. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 6. – С. 45–49.
4. Введение в проектирование технически сложных зданий и сооружений : учебник для вузов / Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трёкин, Н.Г. Келасьев, И.А. Терехов. – Москва : АСВ, 2022. – 294 с. – Текст : непосредственный.
5. Ализаде, С.А. Объемно-блочное домостроение: опыт и перспективы развития / С.А. Ализаде. – Текст : непосредственный // Архитектура и дизайн. – 2017. – № 1. – С. 38–52.
6. Прочность и трещиностойкость объёмного блока типа «колпак» без панели пола / Тамов М.А., Тамов М.М., Усанов С.В., Табагуа Г.Р. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 37, № 3. – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3171> (дата обращения 28.08.2024).
7. Хубаев, А.О. Практика применения объёмно-блочного домостроения в России / А.О. Хубаев, С.С. Саакян. – Текст : непосредственный // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 3 (39). – С. 112–119.
8. Трёкин, Н.Н. Совершенствование нормативной базы стандартизации сборных железобетонных конструкций / Н.Н. Трёкин, Э.Н. Кодыш, И.А. Терехов. – Текст : непосред-

ственный // Железобетонные конструкции. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 64–71.

9. Анализ рисков, возникающих на этапах производства, транспортировки, монтажа крупногабаритных модулей в проектное положение / С.А. Амбарцумян, Д.Е. Мочалин, Р.Т. Аветисян, Ю.А. Събева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – № 1 (769). – С. 84–94.

10. Захарова, М.В. Опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии / Захарова М.В., Пономарев А.Б. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 148–155.

11. Gardiner, P. The Construction of a High-Rise Development using Volumetric Modular Methodology / P. Gardiner. – Текст : электронный // The Future of Tall: A Selection of Written Works on Current Skyscraper Innovations / 2015. – URL: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/2411-the-construction-of-a-high-rise-development-using-volumetric-modular-methodology.pdf> (дата обращения 28.08.2024).

12. Гасиев, А.А. Современное капитальное объёмно-блочное строительство в России на основе универсальной объёмно-блочной (модульной) системы с несущим металлическим каркасом / А.А. Гасиев. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2020. – № 10. – С. 38–48.

13. Бибин, А.С. Prefab-технология в строительстве / А.С. Бибин. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 10. – С. 44–48.

14. Дубынин, Н.В. Быстровозводимые здания: перспективы массового строительства, индустриальная база, опыт нормирования / Н.В. Дубынин. – Текст : непосредственный // Международный строительный конгресс. Наука. Инновации. Цели. Строительство : Сборник тезисов докладов. Москва, 11–13 апреля 2023 года. – Москва : АО «НИЦ «Строительство», 2023. – С. 132–133.

15. Гранёв, В.В. Новый этап развития проектирования, строительства и реконструкции производственных зданий и сооружений / В.В. Гранёв, Н.Г. Келасьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 5. – С. 34–37.

16. Совершенствование нормативной системы в строительстве на всех этапах жизненного цикла объекта / Н.Г. Келасьев, Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трёкин. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 4. – С. 10–15.

17. Гасиев, А.А. Особенности обеспечения пожарной безопасности при проектировании строительных конструкций модульных зданий / А.А. Гасиев, В.В. Павлов, А.В. Гомозов. – Текст : непосредственный // Пожаровзрывобезопасность. – 2023. – Т. 32, № 4. – С. 42–57.

References

1. Teshev I.D., Korosteleva G.K., Popova M.A. Ob'umno-blochnoe domostroenie [Space Block House Prefabrication].

In: *Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*, 2016, no. 3, pp. 26–33. (In Russ., abstr. in Engl.)

2. Belozerskii A.M. Massovoe stroitel'stvo v Rossii iz ob"emnykh blokov [Mass Construction in Russia from Volumetric blocks]. In: *Vnedrenie sovremennykh konstruksii i peredovykh tekhnologii v putevoe khoziaistvo [Introduction of Modern Structures and Advanced Technologies in the Track Economy]*, 2016, no. 9, pp. 280–287. (In Russ.)

3. Dubynin N.V. Mobil'nye i modul'nye zdaniya: transformiruemaya zastroika [Mobile and Modular Buildings: Transformable Development]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2023, no. 6, pp. 45–49. (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Kodysh E.N., Trekin N.N., Kelas'ev N.G., Terekhov I.A. Vvedenie v proektirovanie tekhnicheskii slozhnykh zdaniy i sooruzhenii [Introduction to the Design of Technically Complex Buildings and Structures]. Moscow, ASV Publ., 2022, 294 p. (In Russ.)

5. Alizade S.A. Ob"emno-blochnoe domostroenie: opyt i perspektivy razvitiya [Prefabricated Modular Construction: Experience and Development Prospects]. In: *Arkhitektura i dizain [Architecture and Design]*, 2017, no. 1, pp. 38–52. (In Russ.)

6. Tamov M.A., Tamov M.M., Usanov S.V., Tabagua G.R. Prochnost' i treshchenostoikost' ob"emnogo bloka tipa «kolpak» bez paneli pola [Strength and Cracking Resistance of Module Type “Cap” with no Floor Slab]. In: *Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Journal of Don]*, 2015, no. 3. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3171> 3171 (Accessed 08/28/2024). (In Russ., abstr. in Engl.)

7. Khubaev A., Saakyan S. Praktika primeneniya ob"emno-blochnogo domostroeniya v Rossii [The Practice of Application of Volume-Block Building Construction in Russia.] In: *Vestnik PNIPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika [PNIPU Bulletin. Applied Ecology. Urban Development]*, 2020, no. 3 (39), pp. 112–119. (In Russ., abstr. in Engl.)

8. Trekin N.N., Kodysh E.N., Terekhov I.A. Sovershenstvovanie normativnoi bazy standartizatsii sbornykh zhelezobetonnykh konstruksii [Improving the Regulatory Framework for the Standardization of Precast Concrete Structures]. In: *Zhelezobetonnye konstruksii [Reinforced Concrete Structures]*, 2023, Vol. 1, no. 1 (1), pp. 64–71. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Ambartsumyan S.A., Mochalin D.E., Avetisyan R.T., S"beva Yu.A. Analiz riskov, voznikayushchikh na etapakh proizvodstva, transportirovki, montazha krupnogabaritnykh modulei v proektnoe polozhenie [Analysis of Risks Arising at the Stages of Production, Transportation, Installation of Large-Sized Modules in the Design Position]. In: *Izvestie vuzov. Stroitel'stvo [News of Higher Educational Institutions. Construction]*, 2023, no. 1, pp. 84–94. (In Russ., abstr. in Engl.)

10. Zakharova M.V., Ponomarev A.B. Opyt stroitel'stva zdaniy i sooruzhenii po modul'noi tekhnologii [Experience in construction buildings and structures using modular

technology]. In: *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura [Construction and Geotechnics]*, 2017, Vol. 8, no. 1, pp. 148–155. (In Russ., abstr. in Engl.)

11. Gardiner P. The Construction of a High-Rise Development using Volumetric Modular Methodology. In: *The Future of Tall: A Selection of Written Works on Current Skyscraper Innovations*, 2015. URL: <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/2411-the-construction-of-a-high-rise-development-using-volumetric-modular-methodology.pdf> (Accessed 08/28/2024). (In Engl.)

12. Gasiev, A.A. Sovremennoe kapital'noe ob"emno-blochnoe stroitel'stvo v Rossii na osnove universal'noi ob"emno-blochnoi (modul'noi) sistemy s nesushchim metallicheskim karkasom [Modern Capital Volume-Block Construction in Russia Based on a Universal Volume-Block (Modular) System with a Load-Bearing Metal Frame]. In: *Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*, 2020, no. 10, pp. 38–48. (In Russ., abstr. in Engl.)

13. Bibin, A.S. Prefab-tekhnologiya v stroitel'stve / A. S. Bibin // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Pre-Engineering and Prefab in Steel Construction]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2021, no. 10, pp. 44–48. (In Russ., abstr. in Engl.)

14. Dubynin N. V. Bystrovovodimyye zdaniya: perspektivy massovogo stroitel'stva, industrial'naya baza, opyt normirovaniya [Prefabricated Buildings: Perspectives of Mass Construction, Industrial Base, Regulation Experience]. In: *Mezhdunarodnyi stroitel'nyi kongress. Nauka. Innovatsii. Tseli. Stroitel'stvo [International Construction Congress. The science. Innovation. Goals. Construction]*, Collection of abstracts, Moscow, April 11–13, 2023. Moscow, JSC Research Center “Construction” Publ., 2023. pp. 132–133. (In Russ., abstr. in Engl.)

15. Granev V.V., Kelas'ev N.G. Novyi etap razvitiya proektirovaniya, stroitel'stva i rekonstruksii proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenii [A New Stage in the Development of Design, Construction and Reconstruction of Industrial Buildings and Structures]. In: *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2015, no. 5, pp. 34–37. (In Russ., abstr. in Engl.)

16. Kelas'ev N.G., Kodysh E.N., Trekin N.N., Terekhov I.A., Shmakov S.D., Khayutin Yu.G. Sovershenstvovanie normativnoi sistemy v stroitel'stve na vseh etapakh zhiznennogo tsikla ob"ekta [Improving the Regulatory System in Construction at All Stages of the Life Cycle of an Object]. In: *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2019, no. 4, pp. 10–15. (In Russ., abstr. in Engl.)

17. Gasiev A.A., Pavlov V.V., Gomozev A.V. Osobennosti obespecheniya pozharnoi bezopasnosti pri proektirovanii stroitel'nykh konstruksii modul'nykh zdaniy [Fire Safety in the Design of Building Structures of Modular Buildings]. In: *Pozharovzryvbezopasnost' [Fire and Explosion Safety]*, 2023, Vol. 32, no. 4, pp. 42–57. (In Russ., abstr. in Engl.)