

МОДУЛЬНЫЕ-БЫСТРОВОВОЗВОДИМЫЕ ЗДАНИЯ

РОМАНОВСКИ Е.¹, ЗАКУСИЛОВА Н.²

¹ студент 1 курса специальности 08.04.01 «Строительство»

² студент 4 курса специальности 08.03.01 «Строительство»

Санкт-Петербургский государственный-архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Объем быстровозводимого строительства растет в большинстве стран. Например, в Швеции доля рынка сборных строительных систем в жилищном секторе составила более 80%. Однако в России только примерно 10–15% новых строительных конструкций в год представляют собой сборные дома. Основным препятствием для роста сборного строительства в России является то, что системы разрабатываются на коммерческих и конфиденциальных условиях. Существует ограниченное количество общедоступных исследований и тематических исследований для органов по сертификации, регулирующих органов, инженеров и научных кругов, чтобы предоставить независимую информацию о характеристиках, преимуществах и недостатках сборных строительных систем. Независимые проектировщики и инженеры-строители полагаются на прочность конструктивных и несущих элементов, а также соединения сборных строительных систем. В этом документе представлен обзор доступной литературы по структурным характеристикам, преимуществам, ограничениям и проблемам сборных строительных систем. Также освещаются исследования, необходимые для сборных строительных систем, такие как полномасштабные испытания, численное моделирование, гибридное моделирование, тематические исследования, социальные и экономические оценки.

Ключевые слова: быстровозводимые здания; модульная конструкция; структурные характеристики.

MODULAR-PREFABRICATED BUILDINGS

ROMANOVCHI E.¹, ZAKUSILOVA N.²

¹ student of the 1st year of the specialty 08.04.01 «Civil Engineering»

² student of the 4th year of the specialty 08.03.01 «Civil Engineering»

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
St. Petersburg, Russian Federation

The volume of prefabricated construction is growing in most countries. For example, in Sweden, the market share of prefabricated building systems in the housing sector was over 80%. However, in Russia, only about 10–15% of new building structures per year are prefabricated houses. The main obstacle to the growth of prefabricated construction in Russia is that the systems are developed on commercial and confidential terms. There is a limited number of publicly available studies and case studies for certification bodies, regulators, engineers and academia to provide independent information on the characteristics, advantages and disadvantages of prefabricated building systems. Independent designers and civil engineers rely on the strength of structural and non-structural elements, as well as the connection of prefabricated building systems. This paper provides an overview of the available literature on the structural characteristics, advantages, limitations, and challenges of prefabricated building systems. It also highlights the research required for prefabricated building systems, such as full-scale testing, numerical simulations, hybrid simulations, case studies, social and economic assessments.

Keywords: pandemic, COVID-19, urban planning, smart cities, sustainable city, modular construction.

ВВЕДЕНИЕ

В России сборная строительная система была признана одним из альтернативных решений для быстрого изменения скорости традиционных методов строительства. Эта сборная строительная система также продвигалась как одна из восьми ключевых «концепций» повышения эффективности и производительности строительной отрасли. Объемные сборные строительные системы состоят из модульных объемных единиц, которые обычно производятся в комплекте с архитектурной отделкой и услугами на удаленном заводе с контролем качества. Затем эти модули транспортируются и устанавливаются на месте как один из многих несущих структурных блоков здания. Сокращение затрат и времени являются основными преимуществами сборных строительных систем по сравнению с традиционными методами строительства. Другие преимущества включают улучшенное качество и точность изготовления, скорость установки на месте, а также возможность демонтажа и повторного использования. Эта форма сборных зданий также обеспечивает экологические преимущества, такие как сокращение строительных отходов и выбросов CO₂, а также меньшее беспокойство соседей строительной площадки за счет сведения к минимуму шума и пыли на строительной площадке. Эти преимущества являются движущей силой в европейской строительной отрасли для роста сборных строительных систем. Кроме того, в связи с ростом населения другие страны (например, США, Канада, Япония и др.) также используют технологию модульного строительства для строительства домов, квартир, офисов и т. д.



Рис. 1. Каркасный дом «Стальман»



Рис. 2 Быстро возводимые офисные здания

В последние несколько лет в России технология модульного строительства привлекает все больше внимания в строительной отрасли. Однако лишь небольшой процент всех малоэтажных зданий был построен с использованием модульной конструкции или системы объемных сборных зданий. Отчасти это связано с ограниченными знаниями о применимости, конструкции и характеристиках сборных строительных систем в строительной отрасли и у населения. Однако из-за недавней работы академических кругов, промышленности и учреждений, по повышению осведомленности о таких преимуществах, сборная промышленность увеличивает

свое число, особенно в секторах образования. Количество детей увеличивается, поэтому подход к образованию меняется. Будущие школы будут выглядеть как объединение разноцелевых модулей: для учёбы, для приема пищи, занятий спортом, творчества. Этот проект планируется воплотить в жизнь на территории всей страны, но пока он в разработке. Уже первые модульные школы начали возводить в Москве и Подмосковье. Модульные школы сильно отличаются от советских построек. На рис. 3,4,5 показаны некоторые внешние изображения недавно построенных школ в Москве и Подмосковье.



Рис.3 и 4 Школы модульного типа в Москве и Подмосковье



Рис. 5. Школы модульного типа в Москве и Подмосковье

Точно так же многие общественные места в других странах, такие как новые железнодорожные станции, полицейские участки, медицинские учреждения и общественные центры, в настоящее время строятся с использованием объемных модульных конструкций и других сборных конструкций при содействии правительства. Таким образом, из недавних достижений индустрии сборных домов совершенно очевидно, как сотрудничество промышленности, научных кругов и государственных органов может сильно повлиять на рост отрасли на благо общества. Тем не менее, ограниченная осведомленность о производительности, преимуществах, навыках и знаниях, необходимых для проектирования сборных конструкций и практики строительства, необходимо развивать и укреплять, чтобы увеличить количество сборных зданий и сооружений в России. В этом документе представлен

обзор прошлых исследований с указанием ограничений в контексте и предлагаются некоторые рекомендации по целевым исследованиям, необходимым в системе сборных зданий.



Рис. 6. Строительство госпиталя в г. Атырау Рис. 7. Медицинский центр в г. Краснотурьинск

2. Исследования преимуществ быстровозводимых строительных систем 2.1. Стоимость и время

Сокращение затрат и времени является серьезной проблемой как для потребителей, так и для производителей в строительной отрасли. По сравнению с обычными методами строительства сборные строительные системы обеспечивают значительное сокращение как стоимости, так и времени. В системе сборного строительства этапы подготовки площадки и строительства модулей могут выполняться одновременно, в то время как в обычном строительстве этап строительства происходит после этапа подготовки площадки.

При выполнении работ на этапе строительства одновременно со сборным строительством время строительства сокращается примерно на 40% по сравнению с обычными методами строительства. Тем не менее, предпроектное планирование для сборных строительных систем является довольно интенсивным, поскольку их проектирование отличается от обычного проектирования сложностью. Например, на этапе проектирования необходимо учитывать такие особенности, как подъем модулей, их транспортировка к конечной площадке проекта, размещение на фундаменте и соединение для формирования здания. Для этого требуется больше инженеров, контролирующих органов и квалифицированных рабочих. Эти требования увеличат стоимость и продолжительность этапа проектирования, но они значительно сокращают стоимость и время этапа строительства на месте в сборном строительстве по сравнению с обычным строительством. Кроме того, на строительную деятельность в обычном строительстве существенно влияют любые изменения климата или погодные условия. Между тем, при сборном методе строительства такие перерывы были незначительными, поскольку большая часть, то есть около 80–90%, строительных работ происходит на заводе. Это также сокращает время строительства и общую стоимость проектов с использованием метода сборных конструкций по сравнению с традиционными методами строительства. В сборном строительстве производитель может заказать материал оптом и одновременно изготовить несколько модулей. Это обеспечивает более низкие цены от поставщиков и сокращает количество работ и перевозок. Это приведет к экономии средств и времени проекта. Более того, сборное строительство сокращает количество рабочих на стройплощадке, что снижает общую стоимость рабочей силы примерно на 25% по сравнению с традиционными методами строительства. Однако эти преимущества в стоимости и времени не очень очевидны из-за отсутствия доступа к конфиденциальной информации о проектах (т. е. финансового и фактического плана проекта), а также из-за использования новых технологий и современного оборудования.

2.2. Другие преимущества

В обычном строительстве существует несколько проблем безопасности, включая работу на высоте, заторы, несчастные случаи на рабочих местах в суровых погодных условиях, соседние строительные работы и т. д.

Однако эти проблемы были уменьшены примерно на 80–85% в сборном строительстве, поскольку большинство строительных работ, т. е. около 80%, приходится на заводы. Эта конструкция на фабриках обеспечивает более качественные продукты, поскольку они представляют собой повторяющиеся процессы и обычно выполняются с помощью автоматизации. Сборные строительные системы также обеспечивают экологическую выгоду за счет меньшего количества строительных отходов. Это связано с тем, что большинство строительных работ выполняются на заводе, где отходы можно контролировать, повторно использовать, перерабатывать. Сборные строительные модули могут быть разобраны, перемещены или модернизированы и отремонтированы для использования в других проектах, что сокращает отходы при утилизации.

Также можем сделать вывод, что при строительстве сборных домов соседние здания не страдают так сильно, как при традиционных методах строительства зданий, поскольку шум и помехи снижаются на 30–50%. А также сборно-разборная модульная конструкция сокращает количество отходов на свалках не менее чем на 70%. Исследование Айе показывает, что повторное использование материалов в сборных стальных зданиях экономит около 81% воплощенной энергии и 51% материалов по массе. Сборные дома также сокращают эксплуатационные выбросы CO₂ примерно на 50% в год. В исследованиях Матика изучалась энергетическая модернизация существующих зданий и их преобразование в энергоэффективные здания с минимальными нагрузками. Это исследование показало значительное снижение тепловых и охлаждающих нагрузок после реконструкции существующих зданий по сравнению с предварительно взятыми данными этих зданий. Эти исследования и другие показывают, что сборные строительные системы вносят значительный вклад в повышение экологической устойчивости в строительной отрасли.

3. Структурные характеристики сборных строительных систем

Конструктивные характеристики обычных конструкций, таких как стальные, бетонные и деревянные каркасы, при любых естественных (например, ветровая нагрузка, землетрясение, лесной пожар) и искусственных (например, взрыв бомбы, столкновение с транспортным средством и т.д.) нагрузках были оценены многими исследователями со всего мира и включены в проект из целого ряда подходов. Однако данные о конструктивных характеристиках сборных строительных конструкций ограничены, так как было опубликовано мало подробностей инженерных исследований и мало тематических исследований. Конструктивно-проектный подход должен обеспечивать устойчивость конструкции здания при этих естественных и техногенных нагрузках, передавая такие нагрузки на фундамент через их конструктивные элементы, неконструктивные элементы и межкомпонентные связи. Хотя эти подходы оказались адекватными, сложные структурные системы, такие как дома с деревянным каркасом, нетрадиционные конструкции и сборные дома, могут привести к неоптимальным проектам.

Это связано с отсутствием знаний о распределении нагрузки и передаче нагрузки структурных систем. Распределение нагрузки и передача нагрузки в сборном здании могут быть сложными, поскольку система использует несколько межкомпонентных соединений между модулями, на которые могут влиять допуски в процедуре установки. Вертикальные и боковые нагрузки обычно передаются через межкомпонентные соединения и стабилизирующие элементы, такие как вертикальные связи или внутренние стены. В сборных системах с несущими стенами осевая нагрузка передается за счет прямой несущей способности стены к стене. Гипсокартон или аналогичные плиты часто крепятся к внешней стороне стен, и эти плиты предотвращают коробление С-образных профилей (т. е. обычно используемых в стеновых панелях) в направлении плоскости стены. Силы связей в углах модулей обеспечивают устойчивость к случайным нагрузкам, а аварийное предельное состояние обычно принимается равным собственному весу плюс одна треть приложенной нагрузки.

В тематических исследованиях Лоусона рекомендуется учитывать следующие ключевые факторы при проектировании модульных зданий:

- 1) влияние эксцентриситета установки и производственных допусков на дополнительные силы и моменты в стенах;
- 2) эффекты второго порядка из-за раскачивающейся устойчивости группы модулей;
- 3) механизм передачи усилия горизонтальных нагрузок на стабилизирующую систему;
- 4) устойчивость модульных систем к случайным воздействиям;
- 5) минимальное горизонтальное усилие в любой связи между модулями принимается не менее 30 % от общей нагрузки, действующей на модуль, и не менее 30 кН.

Во многих странах, был введен подход к проектированию, основанный на характеристиках. Этот подход требует независимого инженерного проектирования для традиционных и нетрадиционных домов, таких как модульные дома. Независимый инженерный проект включает в себя лабораторные испытания и полномасштабные испытания отдельных компонентов (например, стен, потолков, крыши, соединений и т. д.), а также структурный анализ с использованием программного обеспечения конечных элементов. Поэтому было проведено несколько полномасштабных испытаний и испытаний отдельных компонентов, в том числе домов с деревянным каркасом и сборных панельных строительных систем со стальным каркасом. В России сборные модульные дома и строительные конструкции основаны на стандартах по ветру, пожару и землетрясениям, то есть а также Национальный строительный кодекс. Эти стандарты разработаны на основе ряда исследовательских публикаций, тематических исследований, лабораторных испытаний, полномасштабных испытаний и структурных анализов. Тем не менее, не существует конкретных стандартов или рекомендаций для проектирования сборных зданий, поскольку имеется ограниченное количество инженерных исследований и тематических исследований, в которых оцениваются характеристики сборных строительных систем по сравнению с обычными строительными системами.

3.1. Огнестойкость и акустические характеристики

Пожарная безопасность является серьезной проблемой после обрушения зданий Всемирного торгового центра (в 2001 году, Нью-Йорк) и Гренфелл-Тауэр (в 2017 году, Лондон). Эти неудачи привели к дополнительным исследованиям и испытаниям на пожарную безопасность конструктивных и неконструктивных элементов, а также их соединений. Обрушение этих зданий также привело к изменениям в строительных стандартах и запрету на использование некоторых строительных материалов, таких как горючие облицовочные материалы. В России зданиям угрожают лесные пожары и связанные с ними расходы с точки зрения значительных страховых выплат и потери жизни. Поэтому большое значение имеет огнестойкость зданий и их элементов.

В быстровозводимых модульных зданиях обычно используются двухслойные стены и пол-потолки. Между модулями и внутренней поверхностью стены устанавливаются противопожарные преграды и ограждения для предотвращения распространения дыма или огня в полости и между модулями. Двухслойные стены и пол-потолок обеспечивают значительную устойчивость к воздушному и ударному шуму. Тонкая бетонная стяжка пола, укладываемая либо на легкий стальной пол, либо в виде композитной плиты между стенами или краевыми балками в сборной системе здания, также обеспечивает дополнительное звукопоглощение и жесткость пола для минимизации вибраций. Однако производство и строительство сборных строительных систем различаются между странами, а также в некоторых регионах страны.

Эта разница приведет к различиям в противопожарных и акустических характеристиках сборных строительных систем в России по сравнению с теми, что были в тематических исследованиях Лоусона. Кроме того, композитные материалы, легкие структурно-изолированные панели (SIP), многослойная древесина (CLT) и полые стальные профили с бетонным наполнением сыграли значительную роль в сборной строительной отрасли за последние годы. Полномасштабные огневые испытания и вычислительная гидродинамика, выявили тот факт, что сборные панели из легкого газобетона в модульной конструкции достигли 30-минутной огнестойкости и обеспечили низкую теплопроводность по сравнению с

обычным бетонным изделием. Другие испытания на огнестойкость балок CLT показывают, что текущий слой с нулевой прочностью не в состоянии отразить необходимую физику для надежного прогнозирования структурных реакций при нестандартном нагреве, и рекомендуется провести более подробный термомеханический анализ поперечного сечения для определения прочности. Степень огнестойкости отдельных элементов и соединений может варьироваться по сравнению со всей конструкцией. Следовательно, необходимо оценить структурные реакции целых сборных зданий или модулей в условиях пожара.

3.2. Работа конструкции при ветровой нагрузке

Готовые панели или модули сборной системы транспортируются на площадку и устанавливаются как горизонтально, так и вертикально с использованием горизонтальных и вертикальных соединений. Боковые распорки или основные стены используются для обеспечения поперечной устойчивости конструкции.

Бури являются одной из основных природных опасностей в России. Было опубликовано множество исследований структурных реакций на ветровую нагрузку для обычных строительных конструкций. Доступны ограниченные исследования и несколько тематических исследований по реакциям сборных строительных систем. В сборных зданиях боковые ветровые нагрузки воспринимаются и передаются с помощью элементов жесткости и/или обшивки стен, а затем передаются на фундамент. Были разработаны здания с использованием сборных древесно-бетонных композитных панелей (см. рис. 8).

Реакция конструкции этой системы оценивалась в условиях ураганного нагружения при скорости ветра до 400 км/ч. Хотя в настоящей статье основное внимание уделяется объемным сборным зданиям, исследование сосредоточено на панельных сборных зданиях, подчеркивая важность соединений между сборными компонентами. Его результаты показали, что боковая нагрузка на уровне пола составляет 429 кН/м (см. рис. 9), и подчеркнули, что эта система древесно-бетонных и композитных панелей обеспечивает большую устойчивость конструкции при ветровых нагрузках, а также при сейсмических нагрузках. В целом, эта система древесно-бетонных композитных панелей обеспечивает экономичную защиту от ураганов и обеспечивает большую устойчивость к сейсмическим нагрузкам по сравнению с современными американскими и европейскими строительными системами.



Рис. 8. Элементы деревянно-бетонно- композитных зданий: а) Стены; б) пол; с) Крыша

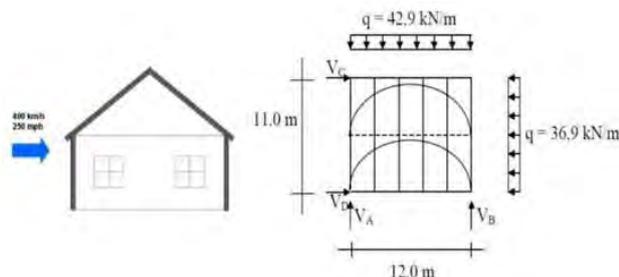


Рис. 9. Ветровые нагрузки

Полномасштабное испытание с имитацией ветровой нагрузки было проведено на сборно-разборном одноэтажном здании со стальным каркасом на испытательной станции Cyclone. В ходе испытаний оценивалась передача распределения нагрузки (т. е. подъемных и боковых нагрузок) на различные панельные элементы, такие как стена, потолок, крыша, соединения и т. д. Результаты показывают, что сборное панельное здание со стальным каркасом хорошо себя показало при воздействии статического электричества. нагрузки, имитирующие боковую и подъемную силу в течение 50 мс-1. Однако во время циклической нагрузки для имитации колебаний циклонической ветровой нагрузки произошел отказ на границе раздела стеновой панели и основания пола. Частично это было связано с циклами нагрузки, подчеркивающими эксцентричную конструкцию соединения, что приводило к усталости стержней. Таким образом, важно оценить реакцию конструкции этого типа строительной системы на ветровые нагрузки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

4. Ограничения, вызовы и будущие исследования

Планирование проекта является одной из самых больших проблем в строительстве сборных зданий, поскольку необходимо учитывать несколько факторов, таких как включение различных компонентов в модуль при их подъеме, трансформации, размещении на фундаменте и сборке здания. Это требует четкого определения масштаба, большего опыта инженеров-конструкторов и планировщиков, а также квалифицированного производства, а также требует больше времени и денег. Однако время возведения модульных домов или высотных зданий все же меньше, чем у обычных зданий. При увеличении количества этажей в сборно-модульном здании экономия времени значительно снижается. Это связано с тем, что система становится более сложной, что вызывает больше проблем при планировании проекта. Другими ограничениями в сборной системе являются размеры модуля, невозможность внесения изменений на месте и транспортировка, которые являются наиболее важными факторами, которые необходимо учитывать до и после проектирования конструкции.

Структурные характеристики и прочность конструктивных и неконструктивных элементов и их соединений, используемых в сборной строительной системе, важны для проектирования системы. Удивительно, но исследований по этой системе было опубликовано немного, потому что большая часть этой сборной системы состоит из запатентованных элементов. Кроме того, разработка сборных систем осуществлялась на коммерческих и конфиденциальных условиях. Конструкторы полагаются на прочность конструктивных и неконструктивных элементов и их соединений, указанную производителями на основе коммерческих испытаний.

В России большинство этих тестов основывались на международных стандартах, таких как ASTM и европейские стандарты. Это связано с тем, что в России нет конкретных стандартов испытаний для большинства сборных конструктивных и не конструктивных элементов. Более того, конструкция сборных конструкций соответствует обычным стандартам проектирования конструкций. Но сборные структурные системы представляют собой сложные, нетрадиционные системы, и в них используется несколько нетрадиционных соединений. Поэтому необходимо разработать российские стандарты проектирования, включающие в себя проектные спецификации и рекомендации для сборных конструкций. Это требует дополнительных исследований и тематических исследований.

Кроме того, испытания отдельных компонентов (например, стены, потолка, крыши, соединений), полномасштабные испытания и численные модели являются инструментами, используемыми для оценки характеристик сборных строительных конструкций. Полномасштабные испытания важны для оценки характеристик конструкций, поскольку при сравнении испытаний отдельных компонентов и полномасштабных испытаний в поведении конструкции заложена избыточность. Это может привести к изменениям в расчете ветровых,

сейсмических и огнестойких нагрузок, которые оцениваются путем упрощения передачи нагрузки. Текущее использование новых материалов и типов конструкций в сборных строительных системах также требует оценки их прочности и реакции структурной системы с помощью испытаний узлов, а также полномасштабных испытаний. Огнестойкость материалов, используемых в строительной отрасли, имеет решающее значение для производительности сборных строительных систем.

Например, панели CLT и фасадная система, используемые в сборной системе, сталкиваются с проблемами с точки зрения их огнестойкости. Поэтому будущие исследования должны быть сосредоточены на оценке конструктивных характеристик сборных зданий с помощью полномасштабных испытаний, численного моделирования и гибридного моделирования. Гибридное моделирование предлагает более эффективный и подходящий способ оценки того, как большие сборные здания реагируют на сейсмическую нагрузку, путем сочетания физических испытаний и компьютерного моделирования. Исследователи и строительная индустрия должны обеспечить, чтобы результаты будущих исследований были доступны для общественности и инженеров-проектировщиков. Результаты следует также использовать в практике строительства и методологиях проектирования, чтобы увеличить распространенность сборных зданий в России.

ВЫВОДЫ

В этой статье производительность сборных строительных систем была рассмотрена на основе доступных ресурсов. Этот обзор показывает, что сборные строительные системы и конструкции обладают высоким потенциалом для повышения эффективности и производительности российской строительной отрасли в более устойчивом смысле. Тем не менее, необходимы дополнительные исследования, чтобы убедиться, что эти сборные строительные системы и конструкции приносят существенные экономические выгоды, а также являются экологически и социально безопасными. Вот несколько предложений по увеличению рыночного спроса и содействию развитию сборных строительных систем в России.

Ограничения транспорта, правила и особый контроль движения в районе строительства являются основными факторами, которые необходимо учитывать при планировании транспортировки. Следовательно, необходимы дополнительные тематические исследования для оценки планирования проектов, составления графиков и стоимости малых и крупных проектов.

Отсутствие осведомленности о производительности, преимуществах и доступности конструкции и методов, обеспечиваемых сборными системами, является серьезной проблемой для маркетинга сборных строительных конструкций в России. Этого можно было бы достичь с помощью социально-экономических исследований. Это исследование должно быть сосредоточено на следующих мероприятиях, таких как анкетирование, семинары, конференции и интервью в СМИ.

Несмотря на то, что многие предыдущие академические исследования доказали аспекты устойчивости сборных конструкций, эти знания необходимо более эффективно доводить до широкой общественности. Это должно сопровождаться реальными примерами проектов общественной инфраструктуры, в которых широкая общественность получает выгоду от производительности сборных конструкций.

Навыки и знания, необходимые для практики проектирования сборных домов и строительства в России, необходимо развивать и укреплять с помощью соответствующих образовательных курсов, семинаров, конференций и профессиональной подготовки. Кроме того, университеты и институты профессионального образования должны рассмотреть возможность включения в свои курсы проектирования и строительства модульных конструкций. Это повысит профессиональные навыки и знания, необходимые для практики проектирования и строительства, а также повысит их производительность. Правительство и

строительная индустрия должны поощрять строительство некоторых фирменных построек. Это повысит рыночный спрос и развитие сборных строительных систем в России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 27751-88. Надёжность строительных конструкций и оснований
2. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования
3. ГОСТ 8717.0-84. Ступени железобетонные и бетонные. Строительство, ремонт, монтаж
4. Пособие к СНиП 2.02.01-83 Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений
5. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология
6. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения
7. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания
8. СНиП 2.04.05-91 Пособие 1.91 Расчет и распределение приточного воздуха
9. СНиП 2.04.05-91 Пособие 13.91 Противопожарные требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования
10. СНиП 2.08.01-89 Пособие по проектированию жилых зданий.
11. СНиП Нагрузки и воздействия Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85
12. Лоусон Р.М.; Огден Р.Г.; Бергин Р. Применение модульной конструкции в высотных зданиях // J. Archit. 2012, 18, 148-154.
13. Гунавардена Т.; Карунаратне Р.; Мендис П.; Нго Т. Технологии быстровозводимого строительства для будущего строительной отрасли Шри-Ланки. В материалах 7-й Международной конференции по устойчивой искусственной среде (ICSBE), Отель Earl's Regency, Канди, Шри-Ланка, 16-18 декабря 2016 г.
14. <https://ukka-house.ru/projects/proekt-stalman/>
15. https://tyumen.pulscen.ru/products/miniofis_174128748
16. <http://www.berlogos.ru/article/shkoly-modulnogo-tipa-funkcionalnye-i-vysokotehnologichnye/>

REFERENCES

1. GOST 27751-88. Reliability of building structures and foundations
2. GOST 30247.0-94. Building structures. Test methods for fire resistance. General requirements
3. GOST 8717.0-84. Steps reinforced concrete and concrete. Construction, repair, installation
4. Manual to SNiP 2.02.01-83 Manual for the design of foundations for buildings and structures
5. SNiP 2.01.01-82 Building climatology
6. SNiP 05/31/2003. Public buildings for administrative purposes
7. SNiP 2.09.04-87. Administrative and residential buildings
8. SNiP 2.04.05-91 Manual 1.91 Calculation and distribution of supply air
9. SNiP 2.04.05-91 Manual 13.91 Fire requirements for heating, ventilation and air conditioning systems
10. SNiP 2.08.01-89 Manual for the design of residential buildings.
11. SNiP Loads and impacts Updated version of SNiP 2.01.07-85
12. Lawson R.M.; Ogden R.G.; Bergin R. The use of modular construction in high-rise buildings // J. Archit. 2012, 18, 148-154.
13. Gunawardena T.; Karunaratne R.; Mendis P.; Ngo T. Technologies

prefabricated construction for the future of Sri Lanka's construction industry. In the materials of the 7th International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE), Earl's Regency Hotel, Kandy, Sri Lanka, December 16-18, 2016

14. <https://ukka-house.ru/projects/proekt-stalman/>

15. https://tyumen.pulscen.ru/products/miniofis_174128748

16. <http://www.berlogos.ru/article/shkoly-modulnogo-tipa-funkcionalnye-i-vysokotehnologichnye/>