

УДК 008

DOI: 10.34670/AR.2021.72.80.010

Обзор старинных зданий 18-19 века с несущими конструкциями из чугуна

Шкитронов Михаил Евгеньевич

Кандидат педагогических наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России,
196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., 149;
e-mail: press@igps.ru

Кожевин Дмитрий Федорович

Кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России,
196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., 149;
e-mail: press@igps.ru

Нуров Нурбек Вечиславович

Научный сотрудник,
отдел испытаний и разработки научно-технической продукции
в области пожарной безопасности,
НИИ перспективных исследований и инновационных технологий
в области безопасности жизнедеятельности,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России,
196105, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Московский пр., 149;
e-mail: press@igps.ru

Аннотация

Конструкции из чугуна – одни из старейших видов несущих строительных конструкций, используемые для возведения зданий различного назначения. В эпоху индустриальной революции (XVIII-XIX века) чугун использовался в качестве основного материала для изготовления конструктивных элементов зданий за счет его дешевизны и свойств (хорошая прочность на сжатие, огнестойкость). Однако использовать чугун для строительства несущих конструкций начали еще в Древнем Китае. Так, во времена китайской династии Тан (с 618 по 907 годы нашей эры), несущие конструкции из чугуна использовали для строительства пагод. Однако наиболее популярным материалом для строительства зданий чугун стал в XVIII и XIX веках. Автором статьи проанализированы отдельные старинные здания из несущих конструкций из чугуна в различных странах и

сделан вывод о том, что причин популярности несущих конструкций из чугуна в XVIII и XIX веках было несколько. Во-первых, во многих странах мира в XVIII и XIX веках была большая потребность в строительстве зданий различного назначения. Во-вторых, с появлением кованных чугунных балок стал возможен эффективный сборный метод каркасного строительства. В-третьих, использование чугунных конструкций позволяло строить здания в различных странах мира, поскольку чугунные конструкции легко транспортировались и быстро собирались с помощью гаек и болтов, как детали монтажного комплекта. При этом конструктивные особенности зданий с несущими конструкциями из чугуна варьировались от страны к стране и зависели как от назначения здания, так и от его архитектурных особенностей, предусмотренных при проектировании.

Для цитирования в научных исследованиях

Шкитронов М.Е., Кожевин Д.Ф., Нуров Н.В. Обзор старинных зданий 18-19 века с несущими конструкциями из чугуна // Культура и цивилизация. 2021. Том 11. № 6А. С. 89-98. DOI: 10.34670/AR.2021.72.80.010

Ключевые слова

Чугунные конструкции, старинные здания, несущие конструкции, арочные конструкции, литейные формы, станы-лидеры по производству чугуна.

Введение

Массовое использование чугунных строительных конструкций в эпоху индустриальной революции во многих мировых странах было связано с тем, что кроме потребности в жилых зданиях существовала также большая потребность в зданиях различного назначения на заводах, складах, железнодорожных терминалах, административных центрах, больницах, изготовленных из прочных и долговечных материалов. До середины XVIII века чугун использовался в качестве несущих конструкций исключительно в конструктивно больших зданиях, таких, как склады и библиотеки. Одним из ярких примеров здания с несущими чугунными конструкциями, получившим всемирную известность, можно назвать хрустальный дворец, спроектированный Джозефом Пакстоном для Международной выставки 1851 года в Лондоне.

Основная часть

Чугунные здания Нью-Йорка с их богато украшенными фасадами, имитирующими дворцы Италии и Франции, в индустриальную эпоху также были ярким примером коммерческих и архитектурных устремлений строителей индустриальной эпохи. О красоте и величии зданий с несущими чугунными конструкциями писали и журналисты того времени. Так, известный американский поэт Уолт Уитмен (1819-1892 годы) в своем произведении «Маннахатт» писал о зданиях Нью-Йорка как о «высоких наростах чугуна, стройных, сильных, легких, великолепно поднимающихся к ясному небу» [Heqian Song et al., 2021, 82].

Причины популярности несущих конструкций из чугуна в Нью-Йорке, кроме общих причин популярности чугуна в строительстве в XVIII-XIX веке, заключались еще и в том, что чугунные конструкции придавали зданиям внутри и снаружи неповторимый вид псевдо-итальянской помпезности эпохи Возрождения и псевдо-французской помпезности эпохи Второй империи, идеально соответствуя дерзкому образу зданий, который хотели видеть в архитектуре того

времени. Уже к середине XIX века несущие конструкции из чугуна активно использовались для строительства соборных куполов, башен, вокзалов, рынков и других зданий различного назначения [Nashwan, Griffiths, 2019, 17].

К 1840-м годам американский часовщик и изобретатель Джеймс Богардус разработал технологию массового производства сборных чугунных конструкций, что привело к строительству зданий в Филадельфии, Сан-Франциско, Чикаго и Гаване, а также в Нью-Йорке. Технология предполагала изготовление конструкций в литейном цехе с использованием специальных литейных форм.

Чугунные конструкции, подготовленные с помощью литейных форм, можно было легко транспортировать, заменять, красить и быстро собирать с помощью гаек и болтов, как детали монтажного комплекта. При этом достаточно часто сборные несущие чугунные конструкции, отлитые в типовых формах, использовались в зданиях, спроектированных с арочными конструкциями. К 1860-м годам практически любой архитектурный стиль или декоративный элемент могли быть воспроизведены несколькими десятками литейных предприятий, которые функционировали в отдельных странах-лидерах по производству чугуна и чугунных несущих конструкций (рис.1).

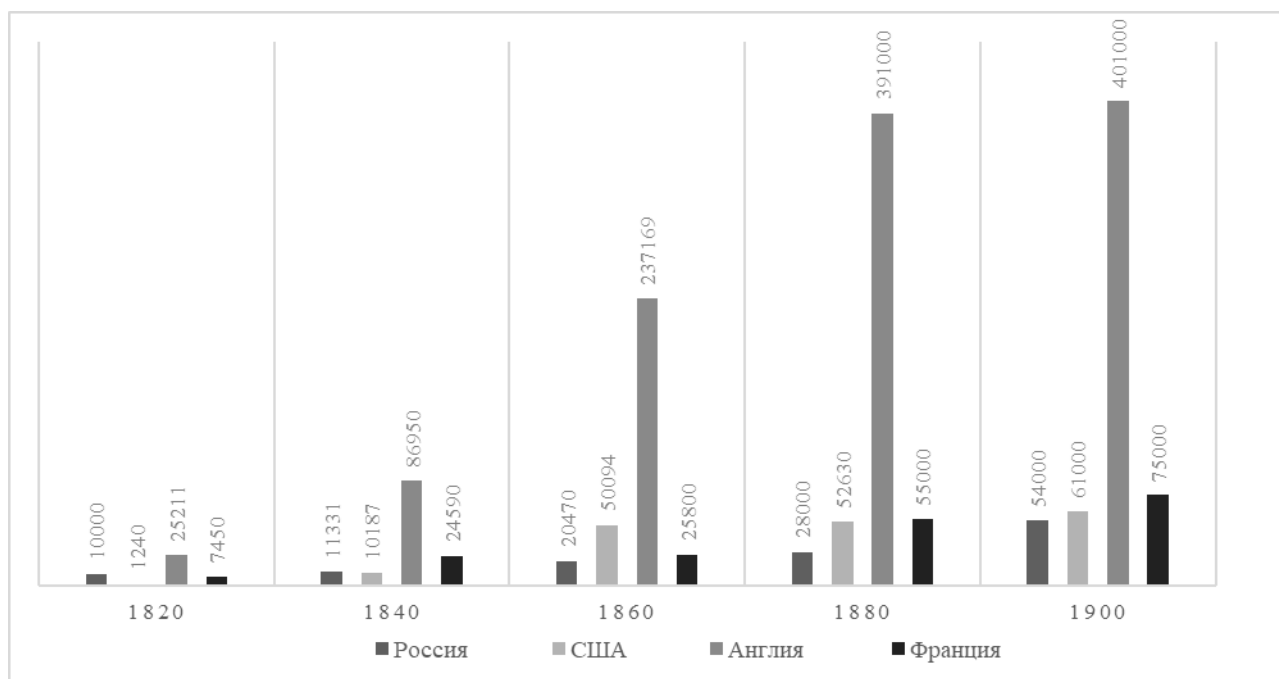


Рисунок 1 - Страны лидеры по производству чугуна и чугунных конструкций в XIX веке (в тыс. пудов) [Heqian Song et al., 2021; Campbell, www]

Как видно из данных, представленных на рисунке 1, в XIX веке странами-лидерами по производству чугуна и чугунных конструкций были Россия, США, Англия, Франция. При этом во всех вышеуказанных странах, помимо производства из чугуна и чугунных конструкций, достаточно активно развивалось строительство зданий с несущими конструкциями из чугуна в XVIII и XIX веках. Популярность чугунных конструкций повлияла не только на саму возможность строительства зданий по новым технологиям, но и на особенности архитектуры зданий XVIII и XIX века. Конструктивные элементы из чугуна часто выбирались на основе специальных таблиц проектирования. Вышеназванный метод позволял также определять

требуемые значения поперечного сечения несущих элементов.

Несущие конструкции из чугуна XVIII и XIX веке достаточно активно использовались также для строительства этажей зданий. При строительстве перекрытий этажей чугунные балки либо опирались на кирпичные стены, а заполнение между балками изготавливалось из чугунных элементов, либо напольные балки опирались на промежуточные опоры в виде чугунных колонн. Такие строительные решения сделали возможным использование достаточно длинных чугунных балок для просторного интерьера.

В настоящее время не все здания с несущими конструкциями из чугуна сохранены, однако те здания, которые удалось сохранить, представляют собой не только историческую и культурную ценность для конкретной страны, но и являются всемирно известными памятниками классической архитектуры XVIII и XIX века. В контексте настоящей статьи рассмотрим некоторые примеры таких зданий.

Одним из наиболее ярких примеров зданий, построенных в эпоху индустриальной революции с использованием несущих конструкций из чугуна, являются здания Капитолия и Сената США, расположенные в Вашингтоне, округ Колумбия. Во время их строительства в середине 19-го века (1855-1866 годы) архитектор Томас Устик Уолтер и инженер Монтгомери С. Мейгс использовали чугун как для декоративных, так и для конструктивных элементов. В пристройках к зданиям чугун использовался для стропильных конструкций крыши, водопроводных и газовых линий, а также для декоративной отделки окон и дверей. Наиболее значимой и грандиозной чугунной частью здания Капитолия США является его купол (рис. 2.).

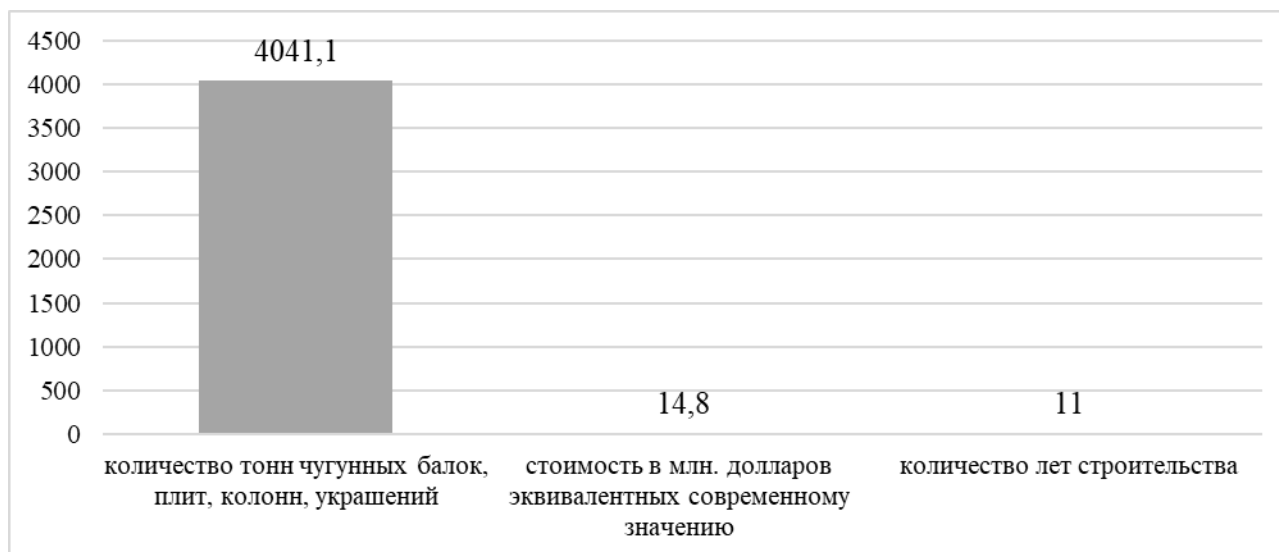


Рисунок 2 - Данные по строительству купола Капитолия в США [Campbell, 2008; Campbell, www]

Из представленных на рисунке 2 данных видно, какое количество тонн чугунных конструкций было использовано при строительстве купола Капитолия США, а также можно увидеть колоссальный объем средств, который пришлось потратить на такое строительство.

Чугунный купол Капитолия США – одно из старейших подобных сооружений с чугунными несущими конструкциями в мире (до него были построены лишь Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге, а также здания старых судов округа Сент-Луис в Миссури). Необходимо отметить, что чугунные конструкции – это основной материал купола Капитолия США и даже пьедестал,

на котором стоит бронзовая статуя Свободы, также сделан из чугуна. Купол Капитолия США расположен над ротондой здания и имеет 288 футов (88 м) в высоту и составляет 96 футов (29 м) в диаметре [там же]. Чтобы визуально создавалось ощущение того, что купол сделан из того же камня, как и главное здание Капитолия США, купол тщательно выкрашен специальной краской.

Конструктивно купол Капитолия США – это два купола – внутренний и внешний общим весом более 9,1 миллиона фунтов. Необходимо отметить, что такая конструктивная особенность купола не была предусмотрена изначально, а является результатом архитектурной доработки, которая понадобилась для того, чтобы установить на вершине купола статую Свободы (изготовленная для первоначального купола статуя оказалась намного выше и тяжелее, чем планировалось).

Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге – еще один пример старинного здания с несущими конструкциями из чугуна. Конструктивно купол Исаакиевского собора состоит из трех взаимосвязанных частей, образованных чугунными ребрами: нижней сферической, конической средней, параболической наружной, для отливки которых было использовано 990 тонн чугуна [Седегова, Москаленко, 2013, 165; Семенцов, Нефедов, Волков, 2016, 73]. Такое небольшое количество чугуна, используемого для несущих конструкций Исаакиевского собора (в 4 раза меньше, чем использовалось для строительства купола Капитолия США), обусловлено тем, что автор проекта Исаакиевского собора Огюст Монферран стремился сделать купол собора максимально легким без потери прочности. Диаметр наружного свода купола Исаакиевского собора оставляет 25,8 метра, а нижнего купола 22,15 метра. При этом необходимо отметить, что купол Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге был не только одним из первых в мире куполов здания, спроектированных и построенных на каркасе из чугунных несущих конструкций, но и одним из первых в России примеров строительства с несущими чугунными конструкциями. До этого момента в Санкт-Петербурге чугун использовали в качестве материала для несущих конструкций мостов [Красносельская, 2015, 223].

Поскольку с развитием производства чугуна, как уже было отмечено ранее, стало допустимым использовать для всех без исключения конструктивных элементов, стало очевидным, что чугунные конструкции можно транспортировать в любую точку мира. И это достаточно часто стало практиковаться.

Одним из наиболее примечательных примеров старинного здания с несущими конструкциями из чугуна и при этом значительно удаленного от места производства чугунных конструкций является дом комиссара Королевской военно-морской верфи на Бермудах, спроектированный архитектором Эдвардом Холлом и построенный в 1820-х годах. В специализированной литературе отмечается, что дом комиссара Королевской военно-морской верфи на Бермудах является первой резиденцией, в которой использовались чугунные конструкции для различных элементов здания – веранд, каркаса пола и каркаса крыши, строительство которой доказало возможность реализации концепции изготовления и транспортировки строительных конструкций на большие расстояния [Campbell, 2008, 44].

Литейные заводы Великобритании и Франции производили все виды сборных чугунных конструкций и изделий для доставки в различные регионы мира, в том числе в свои колонии, начиная от самых элементарных декоративных чугунных элементов и заканчивая конструктивными элементами целых зданий. Среди многочисленных типов зданий с несущими конструкциями из чугуна, собираемыми на большом расстоянии от места их производства, были, в том числе, здания рынков, отелей, церквей, фабрик (табл. 1).

Таблица 1 - Примеры зданий с несущими конструкциями из чугуна, собранных на большом расстоянии от места производства конструкций

Наименование объекта (здания)	Страна изготовитель конструкции	Страна сборки конструкции	Год сборки конструкции	Назначение конструкции
Вилла Корио	Англия	Бухта Корио, Джелонг, Австралия	1850	Жилое здание
Меркадо Сентраль	Англия	Сантьяго, Чили	1869	Здание рынка
Железный рынок	Франция	Порт-о-Пренсе, Гаити	1869	Здание рынка
Сарай для лодок №78	Англия	Устье реки Медуэй в графстве Кент Англия	1856-1860	Большой склад на военно-морских верфях Ширнесс
Отель Уотсона	Англия	Мумбаи (Бомбеи), Индия	1867-1869	Отель
Болгарская церковь Святого Стефана	Австрия	Стамбул	1890-1895	Церковь

В России самым первым зданием с несущей чугунной конструкцией называют Невьянскую наклонную башню Демидовых, расположенную в г. Невьянск Свердловской области [Слукин, Городецкая, 2012, 64]. Башня была построена в 1722-1732 годах и в настоящий момент является уникальным памятником промышленной архитектуры первой половины XVIII века, а чугунные конструкции для башни были выплавлены на Невьянском заводе, который в XVIII веке был крупнейшим в России центром чугуноплавильной, железоделательной и медной промышленности. Невьянская наклонная башня была дозорной точкой, колокольной, конторой, лабораторией и заводским архивом одновременно [там же, 63]. При этом по легенде башня имела несколько иное назначение – в ней также располагались тюрьма, пыточные камеры и помещение для чеканки фальшивых монет [Федоров, Федорова, Сухарев, 2011, 125].

После изучения металлической конструкции шатра башни историки инженерного искусства пришли к выводу о том, что архитектурное и строительное решение башни является первым случаем в мировой практике, когда был использован чугун в качестве элемента несущей конструкции (каркас внутри стен). Второй раз примерно такую же конструкцию (каркас из чугуна) использовали при возведении купола Майнского собора на Рейне только в 1826 году, а в третий – при постройке Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге [Головина, 2020, 185]. Кроме внутреннего каркаса из чугуна, литые чугунные шайбы с клиньями скрепляют и каркас башни с внешней стороны. Считается, что именно при строительстве Невьянской наклонной башни Демидовых впервые в мире был применен принцип железобетона – практически на столетие раньше его официального изобретения.

Полы и балконы Невьянской наклонной башни выстланы чугунными плитами, оконные и дверные коробки также отлиты из чугуна [Слукин, Городецкая, 2012, 64]. Технические характеристики башни представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики Невьянской наклонной башни Демидовых

Наименование элемента башни	Технические характеристики
Размер основания в форме квадрата (четверика)	9,5*9,5 метра
Высота башни	57,5 метра
Отклонение башни от вертикальной оси	1,86 метра

Наименование элемента башни	Технические характеристики
Толщина стен внизу башни	2 метра
Толщина стен вверху башни	32 сантиметра
Количество этажей башни	8
Стоимость постройки	4207 серебряных рублей (эквивалентно примерно 4 миллионам современных российских рублей)

Кроме административных зданий, зданий соборов, башен и зданий рынков, несущие конструкции из чугуна достаточно активно использовались при строительстве жилых зданий. Наиболее интересными примерами зданий с чугунными несущими конструкциями являются здания «чугунного» квартала Нью-Йорка – района Сохо в Даунтауне боро Манхэттен. В настоящий момент район Сохо – элитный, богемный, творческий район с красивыми зданиями с элементами декора из чугуна и конструкций из чугуна с наибольшим количеством таких зданий на квадратный метр не только в Нью-Йорке, но и во всем мире. В XVIII и XIX веке Сохо представлял собой производственный район, где располагались текстильные фабрики. Позже фабрики закрылись и здания переделали в жилые.

Самое примечательное здание района Сохо – пятиэтажное здание на северо-восточном углу улиц Бродвея и Брум, спроектированное Джоном П. Гейнором в венецианском стиле и выстроенное в 1859 году для размещения офисов Эдера В. Хоууута, успешного импортера фарфора и стеклянной посуды. Это здание в США считается квинтэссенцией чугунной архитектуры, поскольку сочетает в себе несущие конструкции из чугуна и чугунный фасад из арок, балюстрад и рифленых коринфских колонн.

Здание Рузвельта на улице Бродвей 480 представляет собой неогреческую работу с четырьмя гигантскими ионическими колоннами из чугуна, покрытыми кружевной железной филигранью. Это здание, построенное в 1874 году, называют не очень удачным произведением знаменитого американского архитектора Ричарда Морриса Ханта, работавшего в США (фасад Музея искусств (современный музей «Метрополитен») и основание Статуи Свободы). Однако, само здание представляет собой ценный памятник чугунной архитектуры индустриальной эпохи.

Здание Гюнтера, расположенное на юго-западном углу улиц Брум и Грин, относится к числу наиболее впечатляющих сооружений этого района – это шестиэтажное здание со стильно закругленным углом, демонстрирующее гибкость чугунной конструкции. Здание было спроектировано Гриффитом Томасом в 1871 году как склад для скорняка Уильяма Х. Гюнтера. Здание спроектировано с эффектом уменьшения высоты каждого этажа, заимствованного у древних греков, причем такой эффект использовался для того, чтобы здание казалось выше, чем оно есть на самом деле.

Большое количество зданий с несущими конструкциями из чугуна располагается и в историческом торговом квартале Дамская миля, находящемся в районе Флэтайрон в Мидтауне Манхэттен, Нью-Йорк. В вышеназванном районе находилось множество крупнейших магазинов, в том числе В. Altman's и универсам братьев Эрих Ehrich Brothers. Между этими двумя помещениями находился магазин Хью О'Нила (в настоящий момент жилое здание) – лучшее чугунное здание в квартале, спроектированное англичанином Мортимером К. Мерриттом.

К востоку от здания Хью О'Нила находится бывший магазин Арнольда Констебля. Первый этаж здания был переделан, а вот двухэтажная мансардная крыша на чугунной несущей конструкции осталась нетронутой. Архитектором здания был американец Гриффит Томас,

который в дизайне здания смешал детали французской Второй империи и итальянского стиля.

Необходимо отметить, что кроме Сохо и Дамской мили, здания XVIII и XIX века с несущими конструкциями из чугуна встречаются и в других районах Нью-Йорка, что обусловлено большим количеством чугуно-литейных заводов в США в XIX веке.

Заключение

Подводя итог, необходимо отметить, что здания с чугунными несущими конструкциями из чугуна были достаточно популярными архитектурно-строительными сооружениями в XVIII и XIX веках. После 1800 года чугунные опоры стали использоваться в качестве альтернативы каменной кладке, а с появлением кованых чугунных балок в середине века стал возможен эффективный сборный метод каркасного строительства. Несущие конструкции из чугуна и стекла использовались для покрытия разнообразных сооружений, начиная от торговых рядов, рынков, читальных залов библиотек, заканчивая железнодорожными терминалами до соборных куполов. При этом несмотря на то, что лидерство в производстве чугунных конструкций в XVIII и XIX веках принадлежало лишь четырем странам, строительство зданий с несущими конструкциями из чугуна осуществлялось по всему миру.

Причин популярности несущих конструкций из чугуна в XVIII и XIX веках было несколько. Во-первых, во многих странах мира в XVIII и XIX веках существовала большая потребность в строительстве зданий различного назначения. Во-вторых, с появлением кованых чугунных балок стал возможен эффективный сборный метод каркасного строительства. В-третьих, использование чугунных конструкций позволяло строить здания в различных странах мира, поскольку чугунные конструкции легко транспортировались и быстро собирались с помощью гаек и болтов, как детали монтажного комплекта. При этом конструктивные особенности зданий с несущими конструкциями из чугуна варьировались от страны к стране и зависели как от назначения здания, так и от его архитектурных особенностей, предусмотренных при проектировании.

Библиография

1. Головина С.Г. Конструктивные изменения в архитектуре Санкт-Петербурга первой половины XIX века // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2020. № 6. С. 181-186.
2. Загадала загадку башня. URL: http://historyntagil.ru/5_3_04.htm
3. Красносельская Н.Ю. Чугунное литье в проектах мостов архитектора Гесте // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник Московской государственной художественно-промышленной академии. 2015. № 1. С. 220-230.
4. Седегова Л.Н., Москаленко И.А. Конструктивные решения балконов в жилых домах 19-20 веков // Идеи вашего дома. 2013. № 4 (27). С. 160-171.
5. Семенцов С.В., Нефедов В.А., Волков С.А. Планировочно-конструктивные особенности исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII – начала XX веков // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59). С. 71-78.
6. Служкин В.М., Городецкая Н.Н. Исследование технического состояния памятника архитектурно-исторического наследия // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 1. С. 61-64.
7. Федоров В.В., Федорова Н.Н., Сухарев Ю.В. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки. М.: ИНФРА-М, 2011. 224 с.
8. Campbell J. Fatigue Fracture of Cast Irons // Int. J. Metalcast. 2008. No. 2. P. 43-46.
9. Campbell J. The Structure of Cast Irons. URL: <https://www.scientific.net/MSF.925.86>
10. Heqian Song et al. Three-dimensional reconstruction of bifilm defects // Scripta Materialia. 2021. 191. P. 179-184.
11. Nashwan Z., Griffiths W.D. Entrainment Defects in Cast Iron // Medische beeldvorming en radiotherapie. 2019. P. 17-29.

Overview of ancient buildings of the 18th-19th century with load-bearing structures made of cast iron

Mikhail E. Shkitronov

PhD in Pedagogy, Associate Professor,
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
196105, 149, Moskovskii ave., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: press@igps.ru

Dmitrii F. Kozhevin

PhD in Technical Science, Associate Professor,
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
196105, 149, Moskovskii ave., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: press@igps.ru

Nurbek V. Nurov

Researcher,
Department of Testing and Development
of Scientific and Technical Products in the Field of Fire Safety,
Research Institute of Advanced Research
and Innovative Technologies in the Field of Life Safety,
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
196105, 149, Moskovskii ave., Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: press@igps.ru

Abstract

Cast iron structures are one of the oldest types of load-bearing building structures that were used for the construction of buildings for various purposes. In the era of the Industrial Revolution (XVIII-XIX centuries), cast iron was used as the main material for the manufacture of structural elements of buildings due to its cheapness and properties. However, the use of cast iron for the construction of load-bearing structures began in ancient China. During the Chinese Tang Dynasty, load-bearing structures made of cast iron were used for the construction of pagodas. Cast iron became the most popular material for the construction of buildings in the XVIII and XIX centuries. The author of the article analyzes individual ancient buildings with load-bearing structures made of cast iron in various countries and concludes that there were several reasons for the popularity of load-bearing structures made of cast iron in the XVIII and XIX centuries. Firstly, in many countries of the world in the XVIII and XIX centuries there was a great need for the construction of buildings for various purposes. Secondly, with the advent of forged cast-iron beams, an effective prefabricated method of frame construction became possible. Thirdly, the use of cast-iron structures made it possible to build buildings in various countries of the world, since cast-iron structures were easily transported and quickly assembled using nuts and bolts as parts of an assembly kit. At the same time, the design features of buildings with load-bearing structures made of cast iron varied from country to country.

For citation

Shkitronov M.E., Kozhevin D.F., Nurov N.V. (2021) Obzor starinnykh zdaniy 18-19 veka s nesushchimi konstruktsiyami iz chuguna [Overview of ancient buildings of the 18th-19th century with load-bearing structures made of cast iron]. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and Civilization], 11 (6A), pp. 89-98. DOI: 10.34670/AR.2021.72.80.010

Keywords

Cast-iron structures, ancient buildings, load-bearing structures, arched structures, foundries, mills-leaders in the production of cast iron.

References

1. Campbell J. (2008) Fatigue Fracture of Cast Irons. *Int. J. Metalcast*, 2, pp. 43-46.
2. Campbell J. *The Structure of Cast Irons*. Available at: <https://www.scientific.net/MSF.925.86> [Accessed 12/12/2021]
3. Fedorov V.V., Fedorova N.N., Sukharev Yu.V. (2011) *Rekonstruktsiya zdaniy, sooruzhenii i gorodskoi zastroiki* [Reconstruction of buildings, structures and urban development]. Moscow: INFRA-M Publ.
4. Golovina S.G. (2020) Konstruktivnye izmeneniya v arkhitekture Sankt-Peterburga pervoi poloviny XIX veka [Structural changes in the architecture of St. Petersburg in the first half of the 19th century]. *Vestnik BGTU imeni V.G. Shukhova* [BSTU Herald], 6, pp. 181-186.
5. Heqian Song et al. (2021) Three-dimensional reconstruction of bifilm defects. *Scripta Materialia*, 191, pp. 179-184.
6. Krasnosel'skaya N.Yu. (2015) Chugunnoe lit'e v proektakh mostov arkhitekatora Geste [Cast iron in the designs of bridges by the architect Geste]. *Dekorativnoe iskusstvo i predmetno-prostranstvennaya sreda. Vestnik Moskovskoi gosudarstvennoi khudozhestvenno-promyshlennoi akademii* [Decorative arts and object-spatial environment. Bulletin of the Moscow State Academy of Art and Industry], 1, pp. 220-230.
7. Nashwan Z., Griffiths W.D. (2019) Entrainment Defects in Cast Iron. In: *Medische beeldvorming en radiotherapie*.
8. Sedegova L.N., Moskalenko I.A. (2013) Konstruktivnye resheniya balkonov v zhilykh domakh 19-20 vekov [Constructive solutions for balconies in residential buildings of the 19th-20th centuries]. *Idei vashego doma* [Ideas of your house], 4 (27), pp. 160-171.
9. Sementsov S.V., Nefedov V.A., Volkov S.A. (2016) Planirovochno-konstruktivnye osobennosti istoricheskoi zhiloi zastroiki Sankt-Peterburga XVIII – nachala XX vekov [Planning and design features of the historical residential development of St. Petersburg in the 18th – early 20th centuries]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Civil Engineering Herald], 6 (59), pp. 71-78.
10. Slukin V.M., Gorodetskaya N.N. (2012) Issledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya pamyatnika arkhitekturno-istoricheskogo naslediya [Study of the technical condition of the monument of architectural and historical heritage]. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekt RAASN* [Academic Bulletin of Ural Research Institute Project of Russian Academy of Architecture and Building Sciences], 1, pp. 61-64.
11. *Zagadala zagadku bashnya* [The tower made a riddle]. Available at: http://historyntagil.ru/5_3_04.htm [Accessed 12/12/2021]