

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Синюгина Е.А., Колокольцев В.К. Чугун как строительный материал. История. Применение в России // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №9 (сентябрь). – АРТ 478-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691.713

Синюгина Елена Александровна

студентка 5 курса, факультет «Промышленное и гражданское строительство»

Колокольцев Виктор Константинович

студент 5 курса, факультет «Промышленное и гражданское строительство»

ФГБОУ ВО "Самарский государственный технический университет"

г. Самара, Российская Федерация

e-mail: sinyugina-elena@mail.ru

ЧУГУН КАК СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ. ИСТОРИЯ.

ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИИ

Аннотация: Статья посвящена исследованию достоинств и недостатков чугуна как материала для строительства. Выявляются причины его использования в разных странах в разные исторические периоды. Рассматриваются наиболее выдающиеся сооружения с использованием чугунных конструкций и их состояние на нынешнее время.

Ключевые слова: строительство, чугун, уникальные сооружения, мостостроение.

Sinyugina Elena

5th year student, faculty of industrial and civil engineering

Kolokoltsev Victor

5th year student, faculty of industrial and civil engineering

FGBOU VO "Samara State Technical University"

Samara, Russian Federation

CAST IRON AS A BUILDING MATERIAL. HISTORY. APPLICATION IN RUSSIA

Annotation: The article is devoted to the study of advantages and disadvantages of cast iron as a material for construction. The reasons of its use in different countries in different historical periods are revealed. The most outstanding constructions with use of pig-iron designs and their condition for present time are considered.

Key words: construction, cast iron, unique constructions, bridge building.

Чугун — сплав железа с углеродом ($\geq 2,14\%$) и другими элементами. Обладает прекрасными твердостью и прочностью, хорошими литейными характеристиками, вследствие чего можно добиться особенной формы готового продукта.

В прошлых веках из чугуна делали несущие конструкции, которые собирались, как конструктор — деталь за деталью. Отливали конструктивные элементы, а затем основания соединяли крепежными предметами. Метод был популярен при возведении арочных конструкций.

Современные строительные материалы (пластик и др.) вытеснили чугун, хотя в строительстве он зарекомендовал себя с положительной стороны. Следует отметить качества, благодаря которым чугун ценен: не подвержен коррозионным процессам; хорошо работает при низких температурах (ковкий); быстрое получение сложных форм; высокая прочность, выдерживает серьезные нагрузки; несложный и дешевый производственный процесс; долговечность.

По изготовлению чугуна в мировом рейтинге Россия входит в тройку лидеров: производство 45 млн. тонн в год. Обгоняют нас только Китай (550 млн. тонн чугуна за год) и Япония (69 млн. т). При этом от общего мирового разведанного запаса чистого железа (80 млрд т) на долю месторождений железной руды России приходится 18% железа (по данным Геологической

службы США). Подобным образом ситуация складывается и в Бразилии (18 %), Австралии (14 %), а также Украине — 11 %.

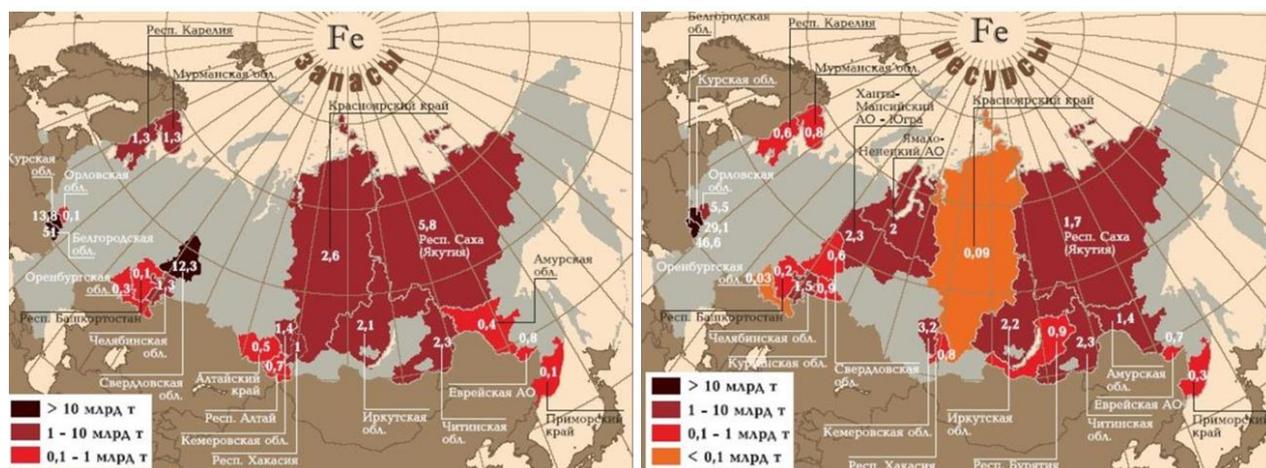


Рис. 1 Запасы и ресурсы железа РФ

Однако на территории Российского государства только 12% от всех запасов — руды высокого качества ($Fe \geq 60\%$), вдобавок железорудные ресурсы, по сравнению с зарубежными, раскинуты неравномерно и имеют более сложные геологические условия разработки. Тем не менее можно говорить о состоятельности России в обеспечении производств таким материалом, как чугун.

Несмотря на большие запасы сырья, мы были не передовой страной, которая бы использовала данный материал в качестве строительного. В данном направлении первой стала развиваться Англия.

Исторически сложилось, что в Британии промышленная революция началась раньше всех остальных стран (рубеж 18–19 вв. - первая промышленная революция), и запустилось активное производство чугуна и железа в целом. Вторая промышленная революция (последняя треть XIX – нач. XX вв.) ознаменовалась массовым производством стали.

Изменения происходили во всех отраслях, нося взрывообразный характер. Они затронули орудия и средства труда, транспорт, энергетику. Увеличение числа машин вызвало повышенную потребность в металле, а для этого было

необходимо развитие металлургии. Главным достижением этой эпохи в металлургии была замена древесного угля на каменноугольный кокс (Клемент Клерк, XVII в.) С 1709 г. семьей Дарби кокс используется для получения чугуна из руды в доменной печи, следующие поколения удешевили изделия из чугуна, построив еще несколько печей. А в 1778 г. Абрахамом Дарби III из материала своего производства строится Чугунный мост (Шропшир). Это был первый мост в Европе, полностью состоящий из металлических конструкций. Мост во Шропшире являлся уникальным сооружением, поскольку в основном чугун и железо использовались до этого как материалы для декоративных деталей или элементов по типу перемычек. Мост функционирует и открыт для пешеходов. В 18 веке (30-е годы) из чугуна получили широкое распространение декоративные украшения фасадов, капители, базы колонн и более серьезные детали из чугуна.

Под серьезными деталями подразумеваются прототипы элементов каркаса, как, например, в Crystal Palace (Hyde Park, London, 1851-52 гг.) опорами служили около 3 тыс. пустотелых чугунных колонн. Также использовались балки, как деревянные, так чугунные, в количестве более 2000, несущие основную нагрузку. Здание в те годы поражало масштабами, имея площадь чуть менее 72 тыс. м². В 1852 г. дворец разобрали и перенесли на Sydenham Hill, где он «прожил» до 1936 г., пострадав от пожара.

Crystal Palace являлся первым прототипом каркасных построек начала 20-го века. И чугун стал единственно возможным подходящим материалом для конструкции, которая не имела аналогов и выходила за рамки привычных решений. Это было связано с тем, что было невозможно изготовить балку толщиной более 18 см, используя в качестве сырья ковкое железо и метод прокатки. Хотя очевидным недостатком было то, что прочность на разрыв у чугуна в 8 раз меньше $R_{сж}$.

Этот недостаток еще с 1840-х гг. заставил инженеров исследовать комбинированные решетчатые балки, в которых пластины или стержни из ковкого железа соединяли с чугунными фермами, таким образом пытаясь увеличить прочность на разрыв. И такими фермами чаще всего перекрывали широкие пролеты, хотя они явно не соответствовали необходимым требованиям. В конечном итоге имел место целый ряд трагических происшествий и крушений:

- 1847 год — крушение балочного железнодорожного моста через реку Dee (Chester, England) вследствие проектных ошибок при следовании поезда;
- 1860 год — обрушение железнодорожного моста Булл, г. Булбридж, графство Дербшир (Британия). Мост был полностью разрушен во время прохождения грузового поезда. Причина: выход из строя чугунных прогонов.

В Британии много других железнодорожных мостов были построены по аналогичным проектам, и из-за этой катастрофы их пришлось демонтировать в связи с отсутствием на тот момент технологий и методик, позволяющих достоверно определить состояние конструкции.

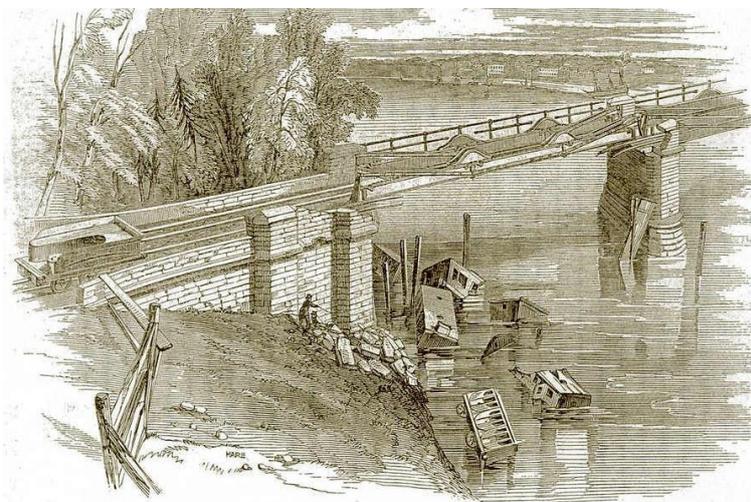


Рис. 2 Катастрофа при обрушении моста через реку Dee. "London News", 1847

Тем не менее, удачные проекты тоже существовали. Одним из таких сооружений является High Level Bridge между Ньюкасл-апон-Тайн и Гейтсхед, Англия, который построен в 1849 г. и существует до сих пор. Общая длина 407,8 м, ширина 12,2 м, а самый длинный пролет 38,1 м (125 футов). Арки моста выполнены из чугунных ребер, четыре из них – непосредственно над рекой.



Рис. 3 High Level Bridge вид от станции Gateshead, начало XX века



Рис. 4 High Level Bridge, наше время

Грунты основания в этом месте слабые – зыбучие пески и пески, набухающие во время приливов. Это доставило большие трудности строителям во время возведения объекта. А также являлось одной из причин выбора материала – целиком каменный или кирпичный вариант был исключен, использовались чугун и ковкое железо. Однако инженеры были категорически против использования последнего непосредственно в конструкции арок: недоверие к креплениям и заклепкам из железа, его стоимость, а также сравнительно небольшой размер необходимых железных листов, который был меньше, чем доступный.

Мост функционирует до сих пор, его относят к I классу сооружений (по Английской и Уэльской классификации) – «здания, представляющие особый интерес». Изменения в структуре за все года можно назвать небольшими: укреплены чугунные крестовые балки (1890-е), что было сделано стальными коробчатыми балками; продольные детали из чугуна, поддерживающие

проезжую часть, были заменены стальными балками (1922 г.). Это было связано с изменяющимися нагрузками из-за увеличения веса проходящих локомотивов. В настоящее время осуществляется жесткий контроль над нагрузками и введен ряд ограничений.

Несмотря на техническую отсталость от Англии, Россия также начала использовать чугун для строительства в 18-19 вв. Первой чугунной конструкцией в нашей стране считается перекрытие крыльца Невьянской башни (1722-1732 гг.) на Урале. Невьянская башня - сооружение с обилием фигурных чугунных шайб, скрепляющих находящийся внутри стен металлический каркас. При ее сооружении использовались самые передовые технологии на тот момент. Чугун послужил материалом для изготовления плит полов и балконов, а также оконных и дверных коробок.

Купол Исаакиевского собора старались максимально облегчить без потери прочности, поэтому его сделали полностью металлическим (из железа, чугуна, меди и бронзы). Конструктивно купол состоит из трёх взаимосвязанных частей, образованных чугунными рёбрами: нижней сферической, средней — конической и наружной — параболической, на что пошло 990 тонн чугуна. Купол Исаакиевского собора стал третьим в мире, выполненным с применением металлических конструкций и оболочек.

Перекрытия над зрительным залом Александрийского театра (1828-1832 гг.). Используются: сквозная чугунная арка, опирающаяся на стены зала (пролет 21 м) и чугунные консоли, поддерживающие ложи зрительного зала. Новаторские металлические конструкции, позволившие избавиться от вертикальных стоек и тем самым улучшить обзор и акустику зала, благополучно служат уже свыше полутора столетий.

В области мостостроения Российская империя тех лет тоже выделялась уникальностью: первый чугунный мост был построен в России (в Петербурге) в

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

далеком 1784 г., а уже в середине XIX в. в Петербурге был построен Николаевский (нынеш. Благовещенский) разводной мост с восемью арочными пролетами от 33 до 47 м, являющийся самым крупным чугунным мостом мира.



Рис. 5 Зеленый (Полицейский) мост

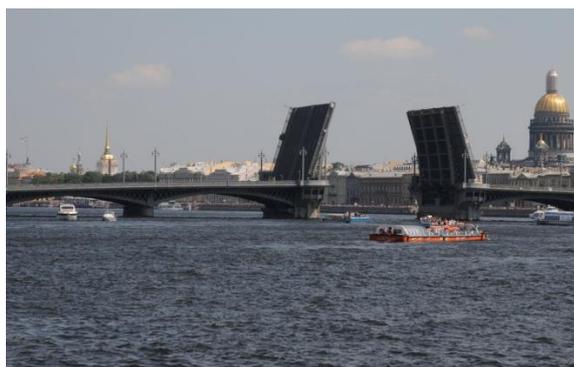


Рис. 6 Благовещенский мост

Благодаря наличию графита чугун имеет некоторые преимущества перед сталью: наличие графита облегчает обрабатываемость резанием, делает стружку ломкой; графит повышает износостойкость и антифрикционные свойства чугуна; быстро гасятся вибрации и резонансные колебания; малая чувствительность к дефектам поверхности (примерно одинаковая конструктивная прочность в отливках и простой с ровной поверхностью, и сложной с надрезами формы); лучшие литейные качества.

Недостатки: довольно большой вес, низкая ударопрочность и слабая изгибаемость – все эти свойства можно скорректировать, используя модифицирование чугуна. С помощью различных способов появилась возможность проводить сварочные работы с чугуном (при ремонте лопнувших чугунных деталей, заделывании трещин и дефектов).

Для улучшения характеристик чугунов, главным образом, прочностных, а также получения таких особых эксплуатационных свойств как износостойкость, немагнитность, коррозионная стойкость и др. в состав чугунов вводят легирующие элементы. Также возможна дополнительная защита при помощи различных покрытий.

Учитывая положительные качества чугуна и значительную сырьевую базу России, материал вполне возможно применять в строительстве и в наше время, например, при замене более дорогих стальных фасонных деталей. А с появлением методик усовершенствования характеристик и свойств чугуна у инженеров стало гораздо больше возможностей. Можно использовать чугунные изделия (когда детали не испытывают значительных растягивающих и ударных нагрузок) даже в качестве ответственных строительных конструкций: опорных частей железобетонных балок, ферм, башмаков под колонны, тубингов для тоннелей метрополитенов и др.

Старый материал не всегда бывает бесполезным.

Список использованной литературы:

1. Lewis P.R. (2007). Disaster on the Dee: Robert Stephenson's Nemesis of 1847. Tempus Publishing. ISBN 978-0-7524-4266-2.
2. Всеобщая история архитектуры в 12 томах / Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, Научно-исследовательский институт теории, истории и перспективных проблем советской архитектуры. — Ленинград ; Москва : Издательство литературы по строительству, 1966—1977.
3. Запарий В.В., Нефедов С.А. История науки и техники. Екатеринбург, 2003
4. Кихлштедт Ф. Т. Хрустальный дворец // В мире науки. 1984. № 12. С.68—80.
5. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017)

Дата поступления в редакцию: 02.09.2018 г.

Опубликовано: 03.09.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018

© Синюгина Е.А., Колокольцев В.К., 2018