

В. Г. ЕВСТИФЕЕВ

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

**УЧЕБНИК**

**В двух частях**

## **Часть 2. КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**

*Для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению «Строительство»*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2011

УДК 624.012.1/.2(075.8)

ББК 38.51я73

E263

Рецензенты:

зав. кафедрой «Железобетонные и каменные конструкции»  
СПбГ АСУ, засл. деятель науки и техники РФ,  
проф., д-р техн. наук *Г. Н. Шоринев*;  
проф. кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»  
Московского государственного университета путей сообщения,  
Почетный член РААСН, д-р техн. наук *В. П. Чирков*

**Евстифеев В. Г.**

E263 Железобетонные и каменные конструкции. В 2 ч. Ч. 2. Ка-  
менные и армокаменные конструкции : учебник для студ.  
учреждений высш. проф. образования / В. Г. Евстифеев. —  
М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 192 с.  
ISBN 978-5-7695-6942-5

Во второй части учебника излагаются физико-механические свойства  
каменной кладки, а также свойства каменных материалов и растворов,  
рассмотрены основные вопросы расчета и конструирования каменных  
конструкций промышленных и гражданских зданий. Содержатся число-  
вые примеры расчета, даны необходимые при проектировании справоч-  
ные материалы в соответствии с действующими нормами проектирова-  
ния.

Для студентов учреждений высшего профессионального образова-  
ния.

УДК 624.012.1/.2(075.8)

ББК 38.51я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Евстифеев В. Г., 2011

ISBN 978-5-7695-6942-5 (Ч. 2)

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-7695-6407-9

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ**

### **14.1. Краткие исторические сведения о развитии каменных и армокаменных конструкций**

Каменной кладкой называется материал, образованный из природных или искусственных камней, соединенных между собой раствором. Конструкции зданий и сооружений, выполненные из каменной кладки (стены, столбы, пилястры, арки, перемычки и др.), называются *каменными конструкциями*.

Каменная кладка обладает сравнительно высокой прочностью при сжатии и значительно меньшей при растяжении. Поэтому каменная кладка применяется преимущественно в случаях, когда в конструкциях она подвержена осевому или внецентренному сжатию при небольших эксцентриситетах.

Часто для повышения несущей способности и монолитности кладку армируют. Конструкции, выполненные из армированной кладки, называются *армокаменными конструкциями*. Каменную кладку, армированную в растянутой зоне продольными стержнями, можно применять для изгибаемых, внецентренно сжатых (при больших эксцентриситетах) и растянутых элементов конструкций.

*Комплексными* называются элементы каменной кладки с включениями в них железобетона, работающего совместно с кладкой.

Природный камень и дерево были первыми строительными материалами, из которых еще тысячелетия назад возводились различные сооружения. Каменные конструкции применялись человеком с древних времен для строительства своего жилища и инженерных сооружений. Это постройки из больших каменных глыб и плит — дольмены (погребальные сооружения эпохи бронзы и раннего периода железного века в виде огромного размера камней, поставленных на ребро и перекрытых сверху массивной плитой; встречаются в Европе, Индии, Крыму и на Кавказе), крепостные стены из почти необработанных камней и пирамиды (гробницы египетских фараонов) уже из больших тесаных камней массой от 2,5 до 30 т. Из последних наиболее известна

сохранившаяся до нашего времени пирамида Хеопса, высота которой 146 м и которая строилась почти 20 лет.

Первые каменные сооружения возводились из естественных необработанных камней без раствора. Позднее для выполнения каменных конструкций стали применять естественный тесаный камень, затем появился удобный для ручной кладки глиняный кирпич-сырец. Из сырцовых материалов, которые использовались в основном в странах с жарким климатом, известны строения в Египте, выполненные более 6 тыс. лет назад.

Затем появились обожженный кирпич и раствор (глиняный и известковый). Как предполагают некоторые исследователи, впервые обожженный кирпич был использован при возведении Великой Китайской стены, которая сооружалась в III в. до н. э.

Кирпич-сырец и обожженный кирпич являлись основными строительными материалами в Древней Греции и в Древнем Риме.

На протяжении многих веков и в настоящее время кирпич является важнейшим строительным материалом. Уже в периоды рабовладельческого и феодального строя каменные конструкции достигли высокого совершенства. Всему миру известны такие выдающиеся памятники каменного зодчества, как Акрополь в Афинах, Колизей в Риме, храмы Индии, мавзолеи Бухары и Самарканда, храмы Киевской Руси, каменные здания и оборонительные сооружения Москвы, Пскова, Новгорода, Переславля-Залесского и ряда других городов.

Великолепные дворцы, храмы и многоэтажные здания из каменных материалов в России XVIII и XIX вв. являются и сегодня образцами высочайшей творческой мысли и высочайшего умения мастеров нашей страны.

Армированная кладка впервые была применена в XI в. при сооружении собора Свети-Цховели в Грузии.

Храм Василия Блаженного, построенный в XVI в. в Москве, имеет пологие кирпичные своды, которые для восприятия растягивающих усилий были усилены металлическими прутьями.

В 1813 г. в Великобритании была построена первая в мире армированная кирпичная заводская труба, а в 1825 г. — тоннель под Темзой из армированной кладки. Кирпичная кладка применялась также при строительстве метро в Лондоне (1863 г.). В 1853 г. в Вашингтоне был сооружен большой железокирпичный резервуар для воды.

До начала XX в. камень господствовал в строительном деле. С середины XIX в. началось применение железобетона, который в значительной степени потеснил каменные конструкции. Однако камень как строительный материал не потерял своего значения и в настоящее время.

Практика строительства из камня значительно опережала развитие науки о каменных конструкциях. Все перечисленные ранее и другие сооружения того времени возводились при почти полном отсутствии расчетных обоснований. Это приводило в большинстве случаев к созданию излишних запасов прочности, а иногда и к серьезным авариям.

К началу XIX в. наука уже располагала рядом важнейших результатов исследований в области строительной механики, к которым относились работы Р. Гука, Я. Бернулли, Л. Эйлера и др. Однако строители каменных сооружений еще долгое время не могли воспользоваться ими, так как тогда не были основательно изучены физико-механические свойства кладки.

Желание зодчих совершенствовать каменные конструкции настойчиво требовало разработки способов их расчета. Большое значение для создания теории расчета каменных конструкций имели работы профессоров Н. А. Белелюбского, Л. Д. Проскуракова, Ф. С. Ясинского, В. А. Гастева, которые были посвящены изучению работы каменных сводов, подпорных стенок и выяснению действительной работы стен зданий. Большой вклад в теорию расчета каменных конструкций внесли советские ученые В. П. Некрасов, Л. И. Онищик, Н. А. Попов, В. А. Камейко, С. А. Семенов, С. В. Поляков, П. Л. Пастернак, Ю. М. Иванов, А. И. Рабинович, Н. Ф. Давыдов и др.

В 1939 г. в СССР были изданы первые научно обоснованные нормы проектирования каменных конструкций, разработанные под руководством проф. Л. И. Онищика.

Каменные конструкции возводят уже в течение нескольких тысячелетий, но они до настоящего времени не утратили своего значения и широко применяются в зданиях и сооружениях различного назначения в качестве наружных и внутренних стен, столбов, фундаментов и т. д. Эксплуатационные расходы на содержание таких конструкций (по сравнению с металлическими и деревянными конструкциями) малы.

Кирпич (камень) имеет преимущества перед другими строительными материалами, потому что является одновременно несущим, теплоизоляционным и отделочным материалом и в то же время удовлетворяет требованиям пожарной безопасности, капитальности и простоты возведения. Во многих случаях каменные материалы являются местными.

К сожалению, каменным конструкциям присущи и определенные недостатки: большая собственная масса, значительные затраты ручного труда при их возведении, повышенная по сравнению с древесиной теплопроводность. Для устранения или смягчения этих недостатков современные каменные конструкции во многих случаях проектируются из крупных пустотных керамичес-

ких блоков и панелей, имеющих высокую степень заводской готовности, что повышает качество строительства и снижает трудоемкость.

В настоящее время возводятся многоэтажные здания высотой до 16 этажей с несущими кирпичными стенами и столбами. Накоплен большой опыт по строительству тонких сводов двойкой кривизны, кирпичных дымовых труб высотой до 150 м, силосов, элеваторов и других прогрессивных конструкций.

Однако возможности усовершенствования каменных конструкций при выполнении их из штучного кирпича и мелкоштучных камней не безграничны. Невозможность полной механизации процессов такой кладки, большой объем мокрых процессов (что особенно неблагоприятно для зимних условий производства работ), большой расход ручного труда исключают дальнейшее существенное повышение производительности труда.

Требованиям индустриального строительства в большей степени удовлетворяют здания со стенами из крупных блоков (особенно полно — из крупных панелей).

Первые здания из крупных бетонных блоков были построены в СССР в 1927 г. В 1927—1929 гг. под руководством инженеров Г. Б. Красина и Е. В. Костырко в Москве были возведены из крупных шлакобетонных блоков здания высотой 5 и 8 этажей. До Великой Отечественной войны строительство из крупных блоков, кроме Москвы, развивалось также в Украине и Ленинграде. После войны строительство зданий из крупных блоков возобновилось и в настоящее время применяется широко, вытесняя кладку из мелкоштучных камней.

Однако, учитывая наличие в стране мощной производственной базы по производству кирпича и необходимость повышения производительности труда, пришли к идее монтажа зданий из крупных кирпичных блоков. С 1942 г. кладка из крупных кирпичных блоков применялась А. И. Кучеровым, однако в ограниченном объеме, и своего последующего развития до 1949 г. не получила. Заслуга разработки ряда предложений и широкого внедрения крупных кирпичных блоков в послевоенный период принадлежит В. С. Ребрикову.

Различными вопросами строительства зданий из крупных кирпичных блоков в нашей стране занимались Е. Г. Малышев, Л. Н. Пицкель, В. А. Михайлов и многие другие. Особенно успешно крупные кирпичные блоки применялись в Киеве.

В нашей стране разработан вибрационный способ изготовления крупных кирпичных блоков, при котором прочность кладки повышается примерно в 2 раза. Применение этого способа явилось основой для разработки крупных кирпичных панелей, что было выполнено Г. Ф. Кузнецовым, Н. В. Морозовым и П. Ф. Сып-

чуком. Первый пятиэтажный жилой дом из виброкирпичных панелей был возведен в Москве в 1959 г.

## **14.2. Материалы для каменной кладки и требования к ним**

Материалами для каменных и армокаменных конструкций являются различные камни и строительный раствор. Далее приведены лишь сведения о некоторых свойствах этих материалов, которые необходимо знать при проектировании каменных и армокаменных конструкций, и не рассматриваются способы их изготовления.

### **14.2.1. Каменные материалы и изделия**

Номенклатура каменных материалов для выполнения каменных и армокаменных конструкций весьма разнообразна и включает в себя как природные (естественные), добываемые в карьерах, так и искусственные материалы, изготавливаемые на заводах.

Каменные конструкции выполняют из глиняного кирпича, керамических камней, силикатного кирпича, камней и крупных блоков из тяжелых цементных и силикатных бетонов, бетонов на пористых заполнителях, ячеистых бетонов, из камней осадочных и вулканических пород (главным образом плотных известняков, известняков-ракушечников и туфов), крупных блоков и панелей, изготовленных на заводах или полигонах из кирпича, керамических или природных камней (рис. 14.1).

По структуре камни подразделяются на сплошные и пустотные.

Основной характеристикой каменных материалов, применяемых в несущих конструкциях зданий и сооружений, является их прочность, характеризующаяся маркой, которая обозначает временное сопротивление (предел прочности) стандартных образцов при сжатии, кгс/см<sup>2</sup>.

Марки кирпича устанавливают по результатам его испытаний на сжатие и изгиб по соответствующим ГОСТам. Временное сопротивление пустотелых камней определяется по площади брутто.

По временному сопротивлению на сжатие камни бывают малой прочности ( $0,4 \leq \bar{R}_1 \leq 5$  МПа), средней прочности ( $7,5 \leq \bar{R}_1 \leq 20$  МПа) и высокой прочности ( $254 \leq \bar{R}_1 \leq 100$  МПа, где  $\bar{R}_1$  — средний предел прочности камня при сжатии).