

В. Н. Байков, С. Г. Стронгин

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ



*Виталий Николаевич Байков,
Семен Григорьевич Стронгин*

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Редакция литературы по строительным материалам и конструкциям

Зав. редакцией *П. И. Филимонов*

Редактор *Л. С. Элькин*

Мл. редактор *Л. А. Табачник*

Внешнее оформление художника *Л. А. Тишкова*

Технический редактор *В. Д. Павлова*

Корректоры *Н. О. Родионова, Л. П. Бирюкова*

ИБ-1212

Сдано в набор 25.10.79. Подписано в печать 23.04.80. Формат 84×108^{1/32}.
Бумага типографская № 3. Гарнитура «Литературная». Печать высокая.
Усл. печ. л. 19,32. Уч.-изд. л. 19,56. Тираж 80 000 экз. Изд. № А1-7237.
Заказ № 171. Цена в перепл. № 7 — 95 коп., в перепл. № 5 — 80 коп.

Стройиздат

101442, Москва, Каляевская ул., д. 23а

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

*В. Н. БАЙКОВ, засл. деят. науки и техни.
д-р техн. наук, проф. С. Г. СТРОНГИН,*

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

ИЗДАНИЕ 2-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

*Д о п у щ е н о
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника для студентов сузов,
обучающихся по специальностям «Теплогазоснабжение
и вентиляция» и «Водоснабжение и канализация».*



МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1980

ББК 38.5
Б 18
УДК 624.01(075.8)

Рецензент — д-р техн. наук, проф. А. А. Оатул.

Байков В. Н., Стронгин С. Г.

Б 18 Строительные конструкции: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Стройиздат, 1980. — 364 с., ил.

Изложены общие принципы проектирования и методы расчета железобетонных, металлических и каменных конструкций. Наиболее полно рассмотрены железобетонные конструкции. Значительное место отведено специальным сооружениям систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения: резервуарам, отстойникам, каналам и др. Для каждого сооружения рассмотрен характер действующих нагрузок, распределение усилий и методика подбора сечений. Приведены примеры расчета, которые поясняют теоретический материал курса и могут служить пособием при курсовом и дипломном проектировании.

Предназначен для студентов санитарно-технических специальностей вузов.

Б 30205-214 86-80. 3202000000
047(01)-80

ББК 38.5

6С4.05

© Стройиздат, 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

Повышение уровня индустриализации строительства при планомерном снижении расхода материальных, трудовых и денежных ресурсов на изготовление и монтаж строительных конструкций является одной из важнейших задач, поставленных Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы, утвержденными XXV съездом КПСС. Решение этой задачи определяет содержание и направленность деятельности вузов в подготовке инженеров строительного профиля, в том числе санитарно-технических специальностей.

Новыми учебными планами вузов для специальностей 1209 (Водоснабжение и канализация) и 1208 (Теплогазоснабжение и вентиляция) предусматривается изучение строительных конструкций, аналогичное по объему и содержанию, поэтому для этих специальностей может быть единый учебник по строительным конструкциям.

В данном учебнике главы I—X общие для обеих специальностей, главы XI и XII относятся только к специальности 1209, глава XIII—к специальности 1208.

В учебнике содержатся сведения, необходимые для курсового и дипломного проектирования.

В методическом отношении учебник отражает многолетний опыт преподавания в Московском инженерно-строительном институте им. В. В. Куйбышева. Предполагается, что студенты, приступающие к изучению строительных конструкций, уже знакомы с основами строительной механики и объемно-планировочных решений зданий.

Введение и главы II, III, IV, V, VI, VII, XII учебника написаны *В. Н. Байковым*, главы I, VIII, IX, X, XI, XIII — *С. Г. Стронгиным*.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие строительных конструкций тесно связано с развитием производительных сил общества.

Раньше других начали применяться каменные конструкции. Первые сооружения из необработанных естественных камней, возводимые с помощью примитивных орудий труда, относятся еще к каменному веку. По мере совершенствования средств производства для каменных строений стали применять грубо обработанный естественный камень, а также кирпич-сырец и кирпич, подвергнутый обжигу. Строители в периоды рабовладельческого и феодального строя при возведении зданий и сооружений из каменных конструкций достигли высокого совершенства. В последующем каменные материалы также широко использовались в строительстве.

Каменные конструкции имеют важное значение и в наши дни. Они просты в изготовлении, долговечны, огнестойки, неприхотливы в эксплуатации. В 30-х годах текущего столетия советские ученые на базе углубленного изучения прочностных и деформативных свойств каменных кладок различного вида разработали теоретические основы каменных конструкций, создали новые виды искусственных камней и кладок из них, внедрили в практику армированные каменные конструкции. Это позволило получить существенную экономию строительных материалов.

В настоящее время в соответствии с принципом индустриализации строительства для стен и фундаментов применяют каменные крупные блоки и другие изделия заводского изготовления.

Наряду с каменными конструкциями в XII—XVII вв. применялись простейшие деревянные конструкции. Для строительства домов и крепостных стен использовались рубленые деревянные конструкции (срубы). Выдающиеся образцы русского народного зодчества — рубленые крепостные сооружения и церкви — были созданы в это время в Москве, Киеве, Новгороде и многих других городах. В XVIII—XIX вв. из дерева сооружали плотины, шлюзы, мосты, промышленные и общественные здания.

В нашей стране в период первых пятилеток деревянные конструкции применялись повсеместно, их конструктивные формы интенсивно развивались. Были созданы новые типы плоскостных и пространственных конструкций, а также соединений дощатых и брусчатых элементов. В современном строительстве используют преимущественно клееные деревянные конструкции заводского изготовления.

Деревянным конструкциям свойственны относительно высокая прочность, легкая обрабатываемость, малый собственный вес и другие положительные качества. Однако дерево подвержено гниению и возгоранию, что ограничивает область применения конструкций из него в капитальном строительстве.

Случаи использования железа для связей и затяжек каменных конструкций известны с начала XII в. Появление собственно металлических конструкций относится к XVII—XVIII вв.

Начальный период капитализма характеризовался массовым строительством железных дорог, мостов, зданий и сооружений промышленного назначения, что послужило толчком к широкому распространению металлических конструкций. Стали развиваться металлургическая промышленность, производство профильного проката.

Появились рациональные сечения металлических элементов и узловых соединений на заклепках, а в целом происходило широкое внедрение металлических конструкций в строительство.

Металлические конструкции благодаря высокой прочности материала имеют сравнительно малый собственный вес. Их можно изготовлять на высокомеханизированных заводах, производить монтаж быстро, с малыми трудовыми затратами. Однако металл подвержен коррозии, поэтому приходится периодически возобновлять защитную окраску металлических конструкций, что связано с эксплуатационными трудностями и дополнительными расходами.

В современном строительстве металлические конструкции применяются главным образом в сооружениях, имеющих большие пролеты и высоту (спортивные и зрелищные помещения, мачты, башни, резервуары и т. п.). Здесь они часто бывают экономически эффективнее конструкций из других материалов.

В СССР систематически ведутся научные исследования в области теории расчета металлических конструкций, поиска новых конструктивных решений, совершенствования технологии изготовления заводских изделий.

Металлические конструкции изготовляют преимущественно из стали. В последние годы успешно применяют несущие и ограждающие конструкции из алюминиевых сплавов. Использование их целесообразно в условиях агрессивной среды и для объектов, возводимых в районах отдаленных, где приходится использовать привозные материалы, или же с холодным климатом, поскольку они менее хладноломки, чем стальные конструкции.

Дальнейшее совершенствование металлических конструкций характеризуется более широким внедрением высокопрочных сталей, тонкостенных (прокатных и гнутых) профилей и листов, элементов из легких сплавов, предварительно-напряженных конструкций.

Железобетонные конструкции появились в 1850—1885 гг. почти одновременно в ряде стран: Франции, США, Англии, Германии, где до этого уже употребляли в строительстве цемент и прокатный металл. Широкого распространения железобетон достиг к концу XIX—началу XX в. В России еще до 1917 г. из железобетона было возведено большое количество перекрытий производственных зданий, резервуаров, мостов, путепроводов, фортификационных и других сооружений.

В СССР в годы первых пятилеток железобетонные конструкции последовательно внедрялись в гидротехническое, промышленное и гражданское строительство. Рамные, арочные, неразрезные стержневые конструкции, а также тонкостенные пространственные конструкции покрытий зданий, элеваторы, силосы и другие инженерные сооружения строили в монолитном железобетоне. Уже в этот период партия и правительство взяли курс на индустриализацию строительства. В связи с этим впервые в мире в СССР начали применять сборный железобетон.

После Великой Отечественной войны, согласно пятилетним планам развития народного хозяйства, объемы капитального строительства постоянно возрастали. В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19 августа 1954 г. «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства» была создана новая отрасль народного хозяйства — промышленность сборного железобетона, ставшая базой современного капитального строительства. С тех пор ежегодное производство сбор-

ного железобетона непрерывно возрастало, начиная с 3,1 млн. м³ в 1954 г. до 122 млн. м³ в 1978 г. Примерно в таких же объемах производились железобетонные конструкции монолитным способом. Значительно расширилась область применения железобетонных конструкций, которые заняли ведущее место в строительстве всех видов.

Железобетонным конструкциям присущи высокая прочность, долговечность, огнестойкость; им можно придавать любые формы, требуемые по условиям их работы и технологии изготовления; их эксплуатация не связана с большими текущими расходами. Железобетонные конструкции из года в год совершенствуются, технология их изготовления и качество улучшаются.

Применение высокопрочной арматуры и высокомарочных бетонов, предварительное напряжение конструкций (освоенное промышленностью строительной индустрии в последние 20—25 лет), повышение технологичности и технико-экономических показателей конструкций, использование специальных цементов, в том числе с разнообразными химическими добавками, а также легких бетонов, в том числе на пористых заполнителях, и полимербетонов определяет направление дальнейшего развития железобетонных конструкций.

Советскими учеными проведены обширные исследования по железобетону, что позволило создать прогрессивные методы расчета железобетонных конструкций, признанные за рубежом.

При строительстве систем водоснабжения, канализации, теплогазоснабжения и вентиляции предпочтение отдают железобетону. Из него возводят резервуары, градирни, водонапорные башни, отстойники и т. д.; перекрытия и колонны насосных, воздухоудных станций, котельных установок, вентиляционных камер; напорные и безнапорные трубопроводы; каналы и тоннели подземных теплотрасс; опоры надземных трубопроводов.

В отдельных случаях оказывается целесообразным некоторые части зданий и сооружений выполнять из бетона и кирпича. Из металла обычно делают резервуары для жидкостей и газов, вспомогательные конструкции зданий, узлы технологического оборудования. Деревянные несущие конструкции в санитарно-техническом строительстве применяют редко.

В соответствии с Программой КПСС и Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы, утвержденными XXV съездом КПСС, успешно осуществляются экономические и социальные преобразования, характерные для периода развитого социалистического общества, а также дальнейшее ускорение научно-технического прогресса, рост производительности труда, улучшение качества работ во всех звеньях народного хозяйства. В области капитального строительства предусмотрено новое повышение уровня его индустриализации, в том числе повышение технико-экономической эффективности применения и степени заводской готовности строительных конструкций.

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

§ 1.1. ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Расчет конструкций выполняют для того, чтобы определить возникающие в них усилия от действующих нагрузок, назначить необходимые размеры поперечного сечения элементов, соединительных деталей (в местах сопряжения элементов), требуемое количество арматуры (в железобетонных элементах) и при минимальных затратах материалов гарантировать необходимые эксплуатационные качества конструкций в течение всего установленного срока их службы.

Конструкция может потерять необходимые эксплуатационные качества по одной из двух причин:

1) в результате исчерпания несущей способности (разрушения материала в наиболее нагруженных сечениях, потери устойчивости некоторых элементов или всей конструкции в целом);

2) вследствие чрезмерных деформаций (прогибов, колебаний, осадок), а также из-за образования трещин или чрезмерного их раскрытия.

Используемые в расчете значения нагрузок, прочностные и деформативные характеристики материалов установлены «Строительными нормами и правилами» (СНиП)¹. Эти величины обладают определенной изменчивостью и могут иметь отклонения от нормативных значений как в большую, так и в меньшую сторону.

Строительные конструкции рассчитывают *по методу предельных состояний*, который дает возможность гарантировать сохранение необходимых эксплуатационных качеств конструкции при практически наибольших отклонениях нагрузок от нормативных значений и возможном наихудшем качестве материалов.

В соответствии с указанными выше двумя причинами, которые могут вызвать потерю эксплуатационных качеств конструкций, установлены *две группы их расчетных предельных состояний*: 1) по потере несущей способности; 2) по непригодности к нормальной эксплуатации.

¹ Перечень основных глав СНиП дан в прил. I.

По первой группе предельных состояний рассчитывают конструкции всех видов, по второй группе — только те конструкции, чрезмерные деформации в которых могут привести к потере ими эксплуатационных качеств еще до того, как будет исчерпана их несущая способность. Примером таких конструкций могут служить плиты и балки большого пролета, необходимое сечение которых определяется не условием прочности, а прогибом, допускаемым при нормальной эксплуатации.

Расчет железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы должен обеспечить не только ограничение их прогибов, но в необходимых случаях исключить возможность образования трещин в бетоне или ограничить ширину их раскрытия.

§ 1.2. РАСЧЕТНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Для учета возможной изменчивости нагрузки и прочностных характеристик материалов установлены следующие расчетные коэффициенты:

1) *коэффициенты перегрузки n* , вводимые на действующие нагрузки;

2) *коэффициенты безопасности по материалу k_b* , вводимые на характеристики прочности материалов;

3) *коэффициенты условий работы m* , дающие возможность оценить некоторые особенности работы материалов, а также конструкций в целом, которые не могут быть отражены в расчетах прямым путем.

Коэффициенты перегрузки $n > 1$ * установлены нормами для нагрузки каждого вида в зависимости от ее изменчивости, а коэффициенты безопасности $k_b > 1$ — для каждого материала в зависимости от изменчивости его характеристик прочности. Чем больше изменчивость нагрузки, тем больше n ; чем больше изменчивость прочности материала, тем больше k_b , и наоборот.

Степень изменчивости нагрузок и прочностных характеристик материалов устанавливают по статистическим данным большого числа наблюдений за изменением нагрузки и результатов испытаний прочности образцов

* В том случае, когда возможное уменьшение нагрузки для конструкции опаснее, чем превышение, принимают $n < 1$, например, при проверке водонапорной башни или подпорной стенки на опрокидывание ее собственный вес (который препятствует опрокидыванию) принимают с коэффициентом $n = 0,9$.

материала, на основании которых строят «кривые распределения».

На рис. I.1 показан характер кривых распределения прочности материала. По оси ординат отложена частота случаев, при которых наблюдалась данная прочность, отложенная по оси абсцисс. В наибольшем числе случаев прочность имеет некоторое среднее значение. От него есть отклонения как в большую, так и в меньшую сторону, причем чем больше отклонение от среднего значения, тем в меньшем числе случаев оно бывает. По характеру кривых можно оценить степень изменчивости рассматриваемых величин: если кривая вытянута вдоль оси ординат (рис. I.1, а), то величина обладает малой изменчивостью, если же кривая пологая (рис. I.1, б), то рассматриваемая величина имеет большую изменчивость.

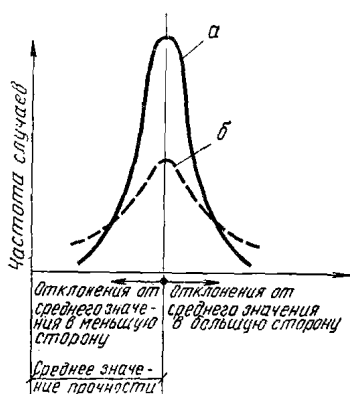


Рис. I.1. Кривые распределения

§ I.3. НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ, НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Установленные СНиП II-6-74 нагрузки, которые могут действовать на конструкцию при ее нормальной эксплуатации, называют *нормативными нагрузками* и обозначают q^n .

Расчетные нагрузки q получают путем умножения нормативных нагрузок на соответствующие коэффициенты перегрузки n :

$$q = q^n n.$$

Некоторые значения q^n и n в соответствии со СНиП приведены в прил. II.

Нагрузки, которые действуют на конструкцию в течение всего периода ее эксплуатации, называют *постоянными*. К ним относятся собственный вес конструкции, вес опирающихся на нее элементов, давление грунта

(для заглубленных сооружений). Нагрузки, которые в процессе эксплуатации могут изменяться по значению и расположению, называют *временными*. К ним относятся нагрузки от веса людей, мебели, оборудования (на перекрытиях), давление жидкости и сыпучих (в емкостных сооружениях), нагрузки от снега, ветра, кранового оборудования и др.

В отдельных случаях конструкции могут испытывать действие *особых* нагрузок: сейсмические воздействия, неравномерные осадки основания и т. п.

Временные нагрузки по степени возможной длительности их воздействия разделяются на *длительные* (давление жидкости и сыпучих в емкостных сооружениях, вес стационарного оборудования промышленных зданий, нагрузка на перекрытиях складов, книгохранилищ, вес снегового покрова, уменьшенный на 70 кгс/м^2 (700 Н/м^2), часть крановой нагрузки и т. д.) и *кратковременные* (часть нагрузки на перекрытиях от веса людей, ремонтных материалов в зоне ремонта оборудования, часть снеговой и крановой нагрузки, не включенная в состав длительных нагрузок, ветер и т. д.).

Конструкции должны быть рассчитаны на действие нагрузок в различных *сочетаниях*. Одновременное действие постоянных, длительных и кратковременных нагрузок называют *основным сочетанием* нагрузок. *Особые сочетания* нагрузок складываются из нагрузок основного сочетания с добавлением одной из особых нагрузок. При расчете конструкций на нагрузки основного сочетания, включающие только одну (наиболее существенную для данного случая) кратковременную нагрузку, последняя принимается в расчете полностью (без снижения); если включаются две или более кратковременные нагрузки, то их значения (или вызванные ими усилия) умножают на коэффициент сочетаний. $n_c = 0,9$. При расчете конструкции на нагрузки особого сочетания расчетные значения кратковременных нагрузок (или усилия от них) умножают на $n_c = 0,8$; особую нагрузку принимают без снижения.

В качестве основного параметра, который характеризует сопротивление материала силовым воздействиям, нормы проектирования устанавливают *нормативное сопротивление* этого материала R^n , МПа (кгс/см^2). Величину R^n можно принять равной контрольной или браковочной характеристике прочности, установленной для

данного материала соответствующим ГОСТом. Эту величину принимают на основании обработки большого числа опытных данных методами математической статистики с тем, чтобы «обеспеченность» нормативного сопротивления составляла не менее 0,95, т. е. чтобы не менее чем в 95% случаев материал имел прочность, равную или большую, чем R^n .

Расчетное сопротивление R , кгс/см² (МПа), получают делением нормативного сопротивления на соответствующий коэффициент безопасности $k_b > 1$, а в необходимых случаях умножают на коэффициент условий работы $m \leq 1$, учитывающий степень использования прочности материала в данном виде расчета, некоторые особенности работы конструкции в целом, влияние условий эксплуатации и др.:

$$R = \frac{R^n}{k_b} m.$$

Значения нормативных сопротивлений, коэффициентов безопасности, условий работы и расчетных сопротивлений для материалов железобетонных, каменных и металлических конструкций приведены в соответствующих главах СНиП¹.

В практических расчетах используют, как правило, расчетные сопротивления материала.

§ 1.4. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

Расчет по первой группе предельных состояний должен гарантировать сохранение несущей способности конструкции с учетом возможной изменчивости нагрузок в большую сторону и прочностных характеристик материалов в меньшую сторону. Поэтому в левой части расчетных формул записывают усилие, которое возникает в элементе от расчетных нагрузок (с учетом коэффициентов перегрузок), а в правой части — усилие, воспринимаемое элементом при напряжениях в материале, равных расчетному сопротивлению (т. е. с учетом коэффициентов безопасности и условий работы). Если левая часть не превышает правую, то несущая способность конструкции обеспечена.

¹ В настоящем учебнике эти данные приведены в гл. III, VIII, IX.

Так, например, для центрально-растянутого элемента из одного материала расчетная формула имеет вид

$$\Sigma N^n n \leq F_{нт} \frac{R^n}{k_6} m.$$

Обозначив суммарную расчетную нагрузку N и учитывая, что $\frac{R^n}{k_6} m = R$, получим обычно применяемую в практических расчетах сокращенную запись:

$$N \leq F_{нт} R.$$

Для определения необходимой площади $F_{нт}$ при известной величине N в расчетной формуле между левой и правой частью принимают знак равенства.

Расчет по второй группе предельных состояний должен гарантировать сохранение эксплуатационных качеств конструкции с учетом изменчивости прочностных и деформативных свойств материалов. При необходимости ограничения деформаций (например, прогибов) в левой части расчетных формул записывают деформацию конструкции f , подсчитанную в зависимости от ее расчетной схемы, а в правой — предельное значение деформаций f^n , установленное нормами для данного вида конструкций, исходя из опыта их эксплуатации.

Расчетное условие имеет вид

$$f \leq f^n.$$

При необходимости исключить образование трещин в железобетонной конструкции с учетом изменчивости прочностных характеристик материалов, а для некоторых видов конструкций¹ также и возможной изменчивости нагрузки в левой части расчетных формул записывают усилие N^n , которое испытывает элемент от нормативных нагрузок (или N от расчетных нагрузок), а в правой части усилие N_t , которое воспринимает элемент непосредственно перед образованием трещин в бетоне при соответствующих коэффициентах безопасности и условий работы.

¹ Предварительно-напряженные железобетонные конструкции, к которым предъявляют требования 1-й категории по трещиностойкости (см. гл. III).

Расчетное условие записывают в виде

$$N^H \leq N_T \text{ или } N \leq N_T.$$

Если образование трещин допустимо, то должна быть ограничена ширина их раскрытия. В этом случае в левой части расчетных формул записывают ширину раскрытия трещин a_T , подсчитанную в зависимости от расчетной схемы конструкции, с учетом изменчивости прочностных и деформативных характеристик материалов, а в правой части — установленную нормами на основании опыта эксплуатации таких конструкций предельную ширину раскрытия трещин a_T^H .

Расчетное условие следующее:

$$a_T \leq a_T^H.$$

§ 1.5. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕЛИЧИН

Для расчета строительных конструкций в соответствии со Строительными нормами и правилами используется система единиц, в которой масса имеет размерность кг, т; сила — кгс, тс; момент силы — кгс·м, кгс·см, тс·м; линейная нагрузка — кгс/м, кгс/см, тс/м; поверхностная нагрузка, давление, напряжения в материале и модуль деформаций — кгс/см², кгс/мм², тс/м². Такая система единиц не учитывает изменения величины g в различных географических районах, отождествляет по размерности напряжение и поверхностную нагрузку, поэтому в ряде отраслей науки и техники используют систему единиц СИ (международную систему единиц), в которой масса имеет размерность кг, т; сила, нагрузка, вес — Н (ньютон), кН (килоньютон); момент силы — Н·м (ньютон-метр); поверхностная нагрузка — Н/м² (ньютон на квадратный метр); давление, напряжение, модуль деформаций — Па (паскаль), МПа (мегапаскаль), равный 10⁶ Па.

Проект ГОСТ «Единицы физических измерений» предусматривает распространение системы единиц измерения СИ на все виды инженерных расчетов.

В тексте учебника единицы даны в системе, принятой в Строительных нормах и правилах. Перейти от единиц этой системы к единицам СИ (с округлением $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ до 10 м/с^2) легко, пользуясь табл. 1.1.

**ТАБЛИЦА 1.1. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
И ИХ СООТНОШЕНИЕ**

Величина	Единица, ее обозначение		Соотношение единиц
	по действующим СНиП	в системе СИ	
Сила, нагрузка, вес	килограмм-сила (кгс) тонна-сила (тс) (1 тс=1000 кгс)	ньютон (Н) килоньютон (кН) (1 кН=1000 Н)	1 кгс=9,8 Н ≈ 10Н 1 тс ≈ 10 000 Н = 10 кН
Линейная нагрузка, поверхностная нагрузка	килограмм-сила на метр (кгс/м) тонна-сила на метр (тс/м) килограмм-сила на квадратный метр (кгс/м ²) тонна-сила на квадратный метр (тс/м ²)	ньютон на метр (Н/м) килоньютон на метр (кН/м) ньютон на квадратный метр (Н/м ²) килоньютон на квадратный метр (кН/м ²)	1 кгс/м ≈ 10Н/м 1 тс/м ≈ 10 кН/м 1 кгс/м ² ≈ 10Н/м ² 1 тс/м ² ≈ 10 кН/м ²
Напряжение, давление, модули деформаций	килограмм-сила на квадратный миллиметр (кгс/мм ²) килограмм-сила на квадратный сантиметр (кгс/см ²) тонна-сила на квадратный метр (тс/м ²) (1 тс/м ² =0,1 кгс/см ²)	паскаль (Па) (1 Па ≈ 0,1 миллиметра водяного столба) мегапаскаль (МПа) (1 МПа = 10 ⁶ Па)	1 кгс/мм ² ≈ 10 ⁷ Па = 10 МПа 1 кгс/см ² ≈ 10 ⁵ Па = 0,1 МПа 1 тс/м ² ≈ 10 ⁶ Па = 1 МПа
Момент силы, пары сил	килограмм-сила-метр (кгс·м) тонна-сила-метр (тс·м)	ньютон-метр (Н·м) килоньютон-метр (кН·м)	1 кгс·м ≈ 10 Н·м 1 тс·м ≈ 10 кН·м

ГЛАВА II. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

§ II.1. СУЩНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Железобетон состоит из бетона и стальной арматуры. Несмотря на их различные физико-механические свойства, в элементах конструкций они работают совместно.

Бетон обладает высоким сопротивлением при сжатии и низким при растяжении. Стальной арматуре присуще одинаково высокое сопротивление как при растяжении, так и при сжатии. Эти особенности составляющих материалов реализуются в железобетоне.

В изгибаемых элементах высокое сопротивление бетона сжатию используется в сжатой зоне, а высокое сопротивление арматуры растяжению — в растянутой зоне, где бетон слабо сопротивляется растяжению и в нем образуются трещины (рис. II.1, а). В балках укладывается небольшое (относительно площади поперечного сечения элемента) количество арматуры, но оно значительно, в несколько раз повышает несущую способность изгибаемого элемента по сравнению с неармированным его образцом. Арматуру успешно применяют и в сжатых элементах (рис. II.1, б), отчего их несущая способность увеличивается до 50% и более.

Отвердевший бетон имеет довольно большое сцепление со стальной арматурой. Вследствие этого оба материала совместно деформируются при внешних воздействиях на железобетонные элементы. Сцепление арматуры с бетоном не нарушается со временем, несмотря на изменения, происходящие в бетоне, а также при изменениях температуры (температурные коэффициенты удлинения бетона и стали близки) и влажности среды.

Бетон — благоприятная среда для арматуры. При нормальных условиях арматура может сохраняться в бетоне неопределенно длительное время.

Железобетон обладает большой долговечностью, высокой стойкостью против воздействия огня и атмосферы, хорошей сопротивляемостью статическим и динамическим нагрузкам, достаточной плотностью, слабой проницаемостью через его толщу влаги, газов, радиоактивных излучений.

Способность бетона к образованию трещин при относительно небольших растягивающих напряжениях — явление в общем случае нежелательное. С образованием трещин в бетоне жесткость железобетонных элементов резко снижается, непроницаемость нарушается, при большом раскрытии трещин возникает опасность коррозии арматуры.

Радикальным средством повышения трещиностойкости железобетонных конструкций является их предварительное напряжение. В предварительно-напряженных