
Н.С. Москалев

Я.А. Пронзин

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ



Н.С. Москалев, Я.А. Пронозин

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебника для студентов, обучающихся по специальностям 290300 «Промышленное и гражданское строительство» направления 653500 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2010

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *Л.В. Клепиков*;

Кафедра геоинформационные системы и инженерные изыскания
Ивановского государственного архитектурно-строительного
университета (заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор *Р.М. Алоян*);

Кафедра металлических и деревянных конструкций Томского
государственного архитектурно-строительного университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор *Д.Г. Копаница*);

Кафедра МДК Новосибирского государственного
архитектурно-строительного университета (Сибстрин) (заведующий
кафедрой кандидат технических наук, доцент *В.М. Добрачев*)

Н.С. Москалев, Я.А. Пронозин

Металлические конструкции. Учебник / М.: Издательство Ассоциации
строительных вузов, 2010. – 344 с.

ISBN 5-93093-500-9

В учебнике рассмотрены основы проектирования стальных конструкций, свойства различных сталей, работа стали при различных уровнях и видах нагружений, виды соединений и расчет отдельных конструктивных элементов. Основное внимание уделяется рассмотрению физической сути работы стали, элементов и конструкций, с привлечением доступного математического аппарата. Учебник отвечает классическим представлениям о стальных конструкциях отечественной инженерной школы, с освещением ряда особенностей в изготовлении, расчетах, конструировании европейской инженерной школы. Представлены к рассмотрению варианты оптимизации стальных конструкций.

Для студентов строительных специальностей ВУЗов и СУЗов, аспирантов и инженерно-технических работников проектных организаций.

ISBN 5-93093-500-9

© Издательство АСВ, 2010

© Н.С. Москалев, Я.А. Пронозин, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Огромный разносторонний опыт научных исследований и проектирования позволил создать в 1930-ых годах замечательный учебник под руководством выдающегося ученого, профессора Н. С. Стрелецкого, на основе которого было воспитано не одно поколение инженеров-строителей. Оставаясь основой, данный учебник в соответствии с требованиями времени был переработан и дополнен коллективом под руководством проф. Е. И. Белени и позже проф. Г.С. Веденникова. Кроме этого был издан авторскими коллективами под руководством А.А. Васильева, К.К. Муханова, В.В.Бирюлева, В.В. Горева и др. ряд других замечательных учебников и учебных пособий, имеющих особенности в изложении материала и наличии специальных разделов. Авторы выражают глубокое уважение вышеприведенным авторам и авторским коллективам, материалы которых были использованы при написании настоящей книги.

Современная номенклатура строительной отрасли диктует инженеру жесткие условия конкурентной профессиональной борьбы, необходимость в скорости принятия правильных решений, квалифицированной защите своих проектов и разработок. Кроме этого ситуация осложняется отменой обязательного исполнения требований норм, но при этом перекладывает всю ответственность на инженера. Общая глобализация, интеграция техносферы по всему земному шару заставляет практикующего инженера иметь представление о достижениях в мировой практике строительства, быть знакомым с особенностями применяемых материалов, сортамента, методов расчета и конструирования за рубежом.

Данный учебник отражает достижения отечественной научной инженерной школы, представляя материал в классической постановке, и при этом обладает следующими особенностями:

- некоторый сопоставительный анализ с зарубежными нормами, в частности, DIN и Eurocode;
- простота и доступность изложения материала, не перегруженного сложным математическим аппаратом;
- соответствие излагаемого материала Государственному образовательному стандарту для специальности “Промышленное и гражданское строительство”.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам: коллективу кафедры металлических и деревянных конструкций Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин) (зав. кафедрой к.т.н., доцент В.М Добрачев., коллективу кафедры металлических и деревянных конструкций Томского государственного архитектурно-строительного университета (зав. кафедрой д.т.н., профессор Д.Г. Копаница), к.т.н., доценту Л.В. Клепикову за внимательное отношение к учебнику, послужившее основой ценным замечаниям и предложениям.

Авторы выражают благодарность за помощь в написании рукописи и ценные советы к.т.н., профессору кафедры строительных конструкций Тюменского государственного архитектурно-строительного университета (ТюмГАСУ) М.Г. Денисову и инженеру кафедры строительных конструкций ТюмГАСУ Наумкиной Ю.В.

ВВЕДЕНИЕ

Стальные конструкции представляют собой комбинации тонких пластин (оболочек) и стержней, различно ориентированных в пространстве. В отличие от бетона, кирпича, камня, дерева, сталь обладает в десятки раз большей прочностью на срез и растяжение, а также большим модулем упругости, что позволяет создавать несущие конструкции, сочетая между собой тонкие пластины.

Стальные конструкции правильно рассматривать как единство таких понятий, как то: конструктивная форма, изготовление, транспортировка и монтаж, определяющих конкурентность и применимость конструкций на фоне широкого спектра современных материалов и технологий.

Металлические конструкции являются самыми легкими, если за показатель легкости η принять отношение плотности материала к его прочности. Наиболее легкими (при таком рассмотрении) окажутся алюминиевые сплавы – $\eta = 1,1$, затем сталь – $\eta = 1,5-3,2$. Дерево будет тяжелее – $\eta = 4,2$, бетон – $\eta = 15$ и более.

В отличие от алюминия сталь имеет в 3 раза больший модуль упругости, что дает ей преимущества в конструкциях, работающих на сжатие и изгиб.

Из-за исключительной легкости, гибкости, упругой податливости (устойчивость к сейсмическим воздействиям), а также большого значения величины отношения прочности конструкций к общей массе здания стальные конструкции находят широкое применение в строительстве: мосты, заводские цеха, каркасы многоэтажных зданий, радиомачты, резервуары, газгольдеры, трубопроводы.

В учебнике даются только основные понятия проектирования конструкций, включая примеры расчета узлов и соединений элементов, балок, колонн, а также компоновки зданий и сооружений. Это позволяет студентам строительных вузов освоить проектирование, технологию изготовления, транспортировку и монтаж металлоконструкций.

Стальные конструкции получили распространение в строительстве в связи с появлением железных дорог и необходимостью строительства мостов через реки. Так, под руководством С.В. Кербедза в 1853 г. через р. Лугу был построен первый стальной мост с решетчатыми фермами. Проф. Н.А. Белелюбский спроектировал мост через р. Волгу и руководил его строительством (рис. 1).

Используя опыт мостостроителей Ф.С. Ясинского, И.П. Прокопьева и других, в конце XIX века стали применять стропильные фермы для зданий различного назначения (рис. 2).



Рис. 1. Сызранский мост через Волгу (1879 г.)

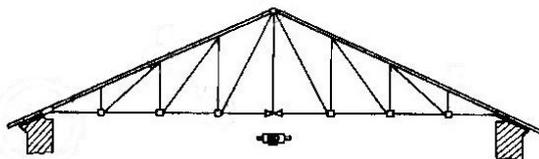


Рис. 2. Стропильная ферма

Большой вклад в развитие большепролетных, пространственных, висячих и башенных конструкций внес гениальный русский инженер В.Г. Шухов – создатель висячих сетчатых покрытий в Нижнем Новгороде – 1896 г. (рис. 3), дебаркадера Киевского вокзала в Москве – 1914 г. (рис. 5), высотной башни на Шаболовке – 1919 г. (рис. 4).

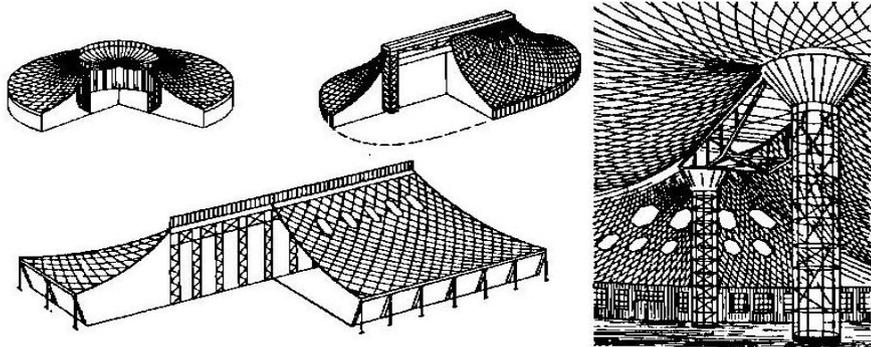


Рис. 3. Висячие сетчатые покрытия на Нижегородской выставке

Башня возводилась в годы разрухи, когда ни мартены, ни прокатные станы не работали, и Москва находилась на осадном положении. Но Шухов все-таки возвел уникальную многоярусную башню высотой 148,3 м, придав поверхности каждого яруса форму гиперболоида вращения.

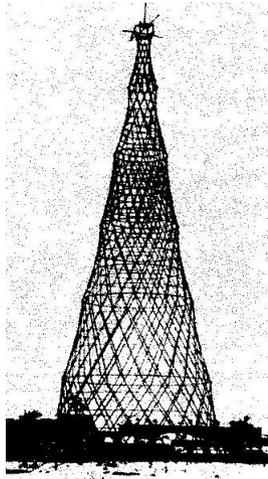


Рис. 4. Башня В.Г. Шухова в Москве

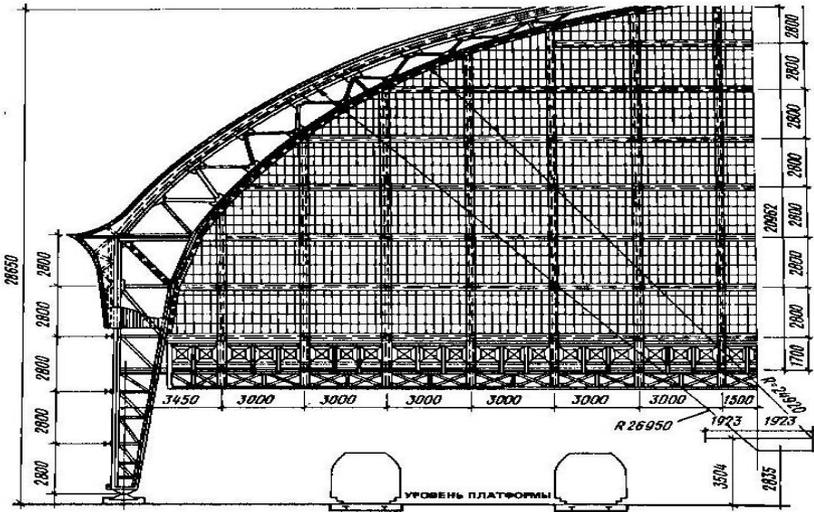


Рис. 5. Перекрытие Киевского вокзала в Москве

Проф. Н.С. Стрелецкий (1885–1967 гг.), зав. кафедрой МИСИ, создал школу инженеров, оказавшую большое влияние на развитие металлостроительства.

Сначала соединения элементов осуществлялись на болтах, затем появились заклепки – котлы, резервуары, даже корабли были клепанными.

Затем русский электротехник Н.Г. Славянов применил сварку. Это оказало решающее воздействие на развитие металлоконструкций. В дальнейшем технология сварки была усовершенствована проф. Е.О. Патонем и Г.А. Николаевым.

Появление прокатных станов для изготовления профильных элементов – уголков, двутавров, швеллеров – позволило отказаться от полосового железа, придать многообразие, рациональность и эстетичность конструктивным формам. Все это позволило за период с 1930 по 1980 годы увеличить объем металлостроительства более чем в 20 раз.

Большие и многообразные задачи по проектированию сооружений решались и решаются коллективами проектных, научных и учебных институтов – «ЦНИИпроектстальконструкция» им. Н.П. Мельникова (проф. В.В. Ларионов, проф. А.Б.Павлов, проф. Г.В. Калашников), ЦНИИСК (проф. В.А. Балдин, проф. В.М.Горпинченко), МГСУ (проф. Ю.И. Кудишин, проф. В.С. Игнатьева).

В 1978–1980 гг. большое внимание в ЦНИИСК (проф. В.И. Трофимов, проф. Н.С.Москалев и др.) было уделено созданию новых форм висячих и мембранных покрытий для олимпийских сооружений (рис. 6).

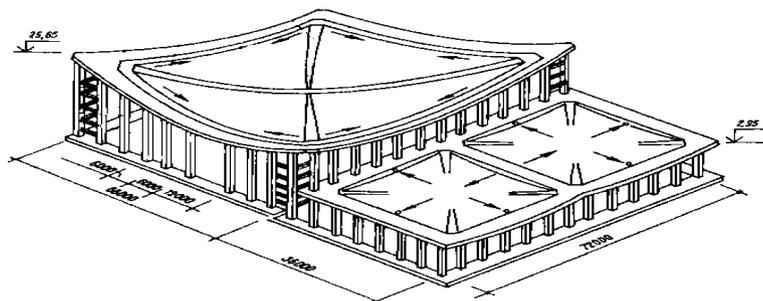


Рис. 6. Схема покрытия олимпийского спорткомплекса в Измайлове

В последние годы XX века многие институты стали разрабатывать легкие здания, полностью изготавливаемые на заводах, – транспортабельные и быстро монтируемые. Такие здания только собираются на месте возведения из всего готового: от несущих рам, панельных покрытий и стен из профнастила с легким утеплением, окон, дверей и ворот – вплоть до пожарных лестниц.

На Западе XIX век стал поистине веком широкого применения металлоконструкций в различных сооружениях – мостах, заводах, башнях. Так, цепной мост в Англии через Менайский пролив (1826 г.) имел пролет 176,5 м, а кабельный мост во Фрейбурге в Швейцарии (1840 г.) – 273 м. В Лондоне для Всемирной выставки (1854 г.) был создан большепролетный «Хрустальный дворец». Появление мартеновских печей (1864 г.) привело к дальнейшему развитию металлостроительства.

В Англии в 1882–1891 гг. строится Фортский железнодорожный мост консольно-балочной системы с двумя средними пролетами по 521 м.

Для Всемирной выставки (1889г.) в Париже выстроена Эйфелева башня высотой 300 м (рис. 7).

В XX веке металлостроительство продолжало усиленно развиваться: мосты пролетами более километра – через пролив Босфор и через реку Тахо, платформы для добычи нефти в Северном море и другие сооружения.

В Америке с конца XIX века преимущественное развитие получили две области металлостроительства: многоэтажные высотные здания – например, «Эмпайр Стейт билдинг» в Нью-Йорке – 1931 г. (рис. 7), и большепролетные мосты – мост «Золотые ворота» в Сан-Франциско – 1937 г. (рис. 8), платформы для добычи газа и нефти в море (рис. 9).

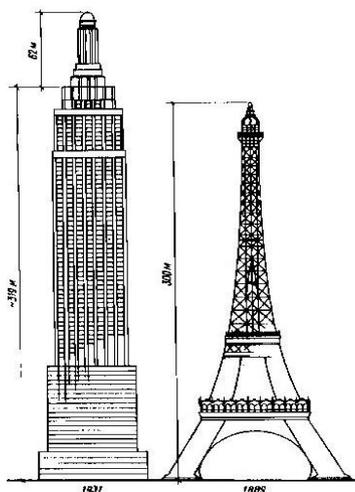


Рис. 7. Здание «Эмпайр Стейтбилдинг» в Нью-Йорке (1931 г.) и Эйфелева башня в Париже (1889 г.)

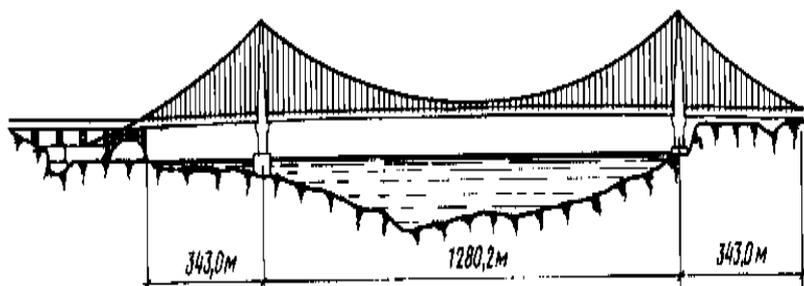


Рис. 8. Мост «Золотые ворота» в Сан-Франциско

За последние 50 лет металлические конструкции активно совершенствовались благодаря уточнению расчетных методик и полномасштабному внедрению компьютерной техники практически во все жизненные циклы строительных объектов.

Особенностью современного развития металлических конструкций является появление и широкое внедрение в практику строительства новых конструкционных материалов, таких как конструкционное стекло, модифицированные пластмассы, углепластики.

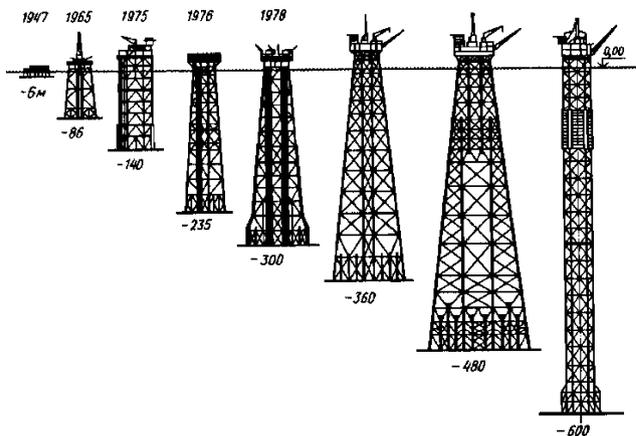


Рис. 9. Развитие конструкций стальных платформ для добычи нефти на морском шельфе с 1947 г.

Эти материалы, обладая собственным набором порой уникальных свойств, тем не менее используются в строительных объектах, как правило, в сочетании с традиционным металлом и бетоном.

Таким образом, сталь наряду с бетоном и его модификациями (железобетон, полимербетон, бетонополимер) остается основным строительным материалом во всем мире, в том числе в России и бурно развивающемся Тихоокеанском регионе (Китай, Корея, Сингапур, Гонконг и т.д.)

Основными направлениями развития металлических конструкций в настоящее время являются:

1. Строительство высотных зданий. Самыми высокими зданиями в настоящее время являются башни-близнецы Petronas Tower, возведенные в столице Малайзии Куала-Лумпур и имеющие высоту 452м (рис. 11).

В настоящее время идет строительство здания ещё большей высоты Mo vi Building (рис. 10) в г. Шанхай (Китай), высота которого составит 500м.

Необходимо отметить также отход архитекторов и проектировщиков от идеи создания чисто утилитарных объектов и переход к творческому проектированию, направленному на развитие национальной идеи либо смысловой архитектуры. Например, офисно-гостиничный комплекс Jin Mao Building в г. Шанхай (рис. 12), выгодно отличающийся от окружающих небоскребов не только высотой (421м), но и ярко выраженной индивидуальностью, поскольку автор проекта искусно воспользовался архитектурными решениями древних китайских культовых сооружений – пагод.

Другим ярким образцом тематической, символической архитектуры является здание семизвёздочной гостиницы Arabian Tower в Дубае. Здание, высота которого 321м, расположено на искусственном насыпном острове (рис. 13). Архитектурный образ здания навеян образом наполненного ветром паруса, мачта которого укреплена в днище лодки, очертание которой представляет остров.



Рис. 13. Гостиница Arabian Tower в Дубае

Необходимо отметить, что здания Jin Mao Building, Arabian Tower выполнены в смешанном каркасе с подавляющим использованием в ограждении светопрозрачных материалов.

В России высотное строительство на основе металлических конструкций сосредоточено в Москве в деловом центре Москва Сити. Отдельные строящиеся объекты превышают высотный порог в 200м.

Стоит отметить, что, несмотря на разрушение двух башен Всемирного торгового центра в Нью-Йорке в 2001 году, темпы строительства высотных зданий продолжают расти с учетом повышенных требований к ударным воздействиям и пожаробезопасности.

2. Строительство спортивных арен, стадионов. Особенно четко прослеживается в момент, предшествующий проведению больших спортивных состязаний: олимпийских игр, чемпионатов мира и т.д.

Примером может служить конструкция круглого в плане стадиона Stadium Australia в г. Сиднее (Австралия), имеющего диаметр 300м (рис. 14). Две главные трибуны перекрыты стальными решётчатыми оболочками, несущими светопрозрачное покрытие. Оболочки усилены главными продольными арочными фермами пролетом почти 300м и связаны по наружному контуру с конструкциями трибун.



Рис. 14. Общий вид стадиона Stadium Australia в г. Сиднее (Австралия)

Другим примером может являться покрытие трибун футбольного стадиона «Локомотив» в г. Москве, представляющего собой комбинированную балочно-вантовую систему, опирающуюся на четыре несущих пилона, расположенных по углам сооружения (рис. 15).



Рис. 15. Футбольный стадион «Локомотив» в г. Москве

3. Развитие трансформируемых конструкций. Как правило, применимо к объектам большой посещаемости (стадионы, выставочные залы и др.), а также к конструкциям мобильных зданий.

Примером может служить здание футбольного стадиона в г. Хьюстон США (рис. 16), имеющего размеры в плане 287×116 м. Поперечные пере-

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ	16
1.1. Наиболее важные свойства стали	16
1.2. Преимущества и недостатки стальных конструкций.....	16
1.3. Сталь для изготовления строительных конструкций.....	17
1.4. Работа стали под нагрузкой.....	23
1.4.1. Упругая и пластическая работа стали	23
1.4.2. Работа стали при одноосном напряженном состоянии.....	26
1.4.3. Работа стали при сложном напряженном состоянии	28
1.5. Хрупкость стали	30
1.6. Усталость металла.....	34
1.6.1. Понятия и определения.....	35
1.6.2. Факторы, влияющие на вибрационную (усталостную) прочность.....	36
1.7. Выбор стали для конструкций	37
1.8. Воздействия температуры. Огнестойкость стальных конструкций.....	40
1.9. Коррозия, меры защиты.....	42
1.10. Собственные напряжения.....	45
ГЛАВА 2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	48
2.1. Общие положения и указания	48
2.2. Нагрузки и их сочетания.....	50
2.3. Нормативные и расчетные сопротивления стали	51
2.4. Метод расчета по предельным состояниям.....	53
2.4.1. Методы расчета	53
2.4.2. Группы предельных состояний.....	55
2.4.3. Коэффициенты метода предельных состояний	56
ГЛАВА 3. СОРТАМЕНТ	59
3.1. Характеристика основных профилей сортамента	59
3.2. Листовая сталь	60
3.3. Уголкового профили	60
3.4. Швеллеры.....	61
3.5. Двутавры	61
3.6. Тонкостенные профили	62
3.7. Трубы.....	62
3.8. Холодногнутые профили	62
ГЛАВА 4. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	64
4.1. Общие положения	64
4.2. Виды сварки, применяющиеся в строительстве	65
4.3. Виды сварных швов и соединений	66
4.3.1. Сварные швы	66
4.3.2. Сварные соединения	69
4.4. Термическое влияние сварки. Структурные и химические изменения металла в зоне соединения	71

4.5. Расчет сварных соединений	73
4.5.1. Расчет стыковых сварных соединений.....	73
4.5.2. Расчет соединений с угловыми швами	75
4.6. Конструирование и работа сварных соединений	78
4.6.1. Стыковые соединения (выполняемые с помощью стыковых швов).....	79
4.6.2. Соединения, выполненные с помощью угловых швов.....	80
4.7. Примеры расчета сварных соединений.....	82
ГЛАВА 5. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	90
5.1. Общие положения	90
5.2. Расчет обычных (срезных) и анкерных болтов	92
5.3. Соединения на высокопрочных болтах.....	94
5.4. Конструирование болтовых соединений	96
5.5. Примеры расчета болтовых соединений.....	100
ГЛАВА 6. БАЛКИ.....	106
6.1. Общие положения	106
6.2. Классификация балок	106
6.3. Упругая стадия работы балок	108
6.4. Упруго-пластическая стадия работы балок	111
6.5. Устойчивость металлических конструкций.....	116
6.5.1. Потеря общей устойчивости изгибаемых элементов.....	116
6.5.2. Местная устойчивость элементов балок	118
6.6. Прокатные балки	122
6.6.1. Подбор сечения	123
6.6.2. Проверки назначенного сечения.....	124
6.7. Составные балки	128
6.7.1. Высота балок	128
6.7.2. Подбор сечений элементов балки.....	133
6.7.3. Проверки прочности балки	135
6.7.4. Проверка общей устойчивости	137
6.7.5. Проверка местной устойчивости и расчет ребер	139
6.7.6. Соединения поясов со стенкой	144
6.7.7. Изменение сечения балок по длине.....	146
6.8. Стыки балок, опирания балок	148
6.9. Способы совершенствования конструкции балок	163
6.9.1. Общие вопросы конструирования.....	163
6.9.2. Исследование площади эпюры моментов.....	166
ГЛАВА 7. КОЛОННЫ.....	175
7.1. Общие положения	175
7.2. Проблема устойчивости металлических конструкций	176
7.3. Некоторые понятия о явлении потери устойчивости	177
7.4. Устойчивость центрально-сжатых стержней	179
7.5. Центрально-сжатые колонны.....	184
7.5.1. Сплошные колонны	185
7.5.2. Сквозные колонны	189
7.5.3. Расчет и конструирование раскосов и соединительных планок.....	194

7.6. Внецентренно-сжатые колонны	197
7.6.1. Общие положения	197
7.6.2. Расчет стержней в плоскости эксцентриситета	198
7.6.3. Расчет стержней из плоскости эксцентриситета	201
7.7. Детали и узлы колонн	203
7.7.1. Оголовки колонн	203
7.7.2. Консоли колонн	207
7.7.3. Стыки колонн	208
7.7.4. Базы колонн	208
7.8. Способы совершенствования проектирования колонн	216
ГЛАВА 8. БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ. НАСТИЛЫ.....	222
8.1. Конструкции балочных клеток	222
8.2. Настилы балочных клеток	225
8.3. Профилированный настил	226
8.4. Стальной плоский настил (несъемный).....	232
ГЛАВА 9. ФЕРМЫ	236
9.1. Характеристика и классификация.....	236
9.2. Компоновка ферм	242
9.3. Типы сечений стержней.....	244
9.4. Расчет ферм.....	246
9.4.1. Определение нагрузок	246
9.4.2. Особенности действительной работы, определение усилий	247
9.5. Подбор сечений элементов ферм	250
9.5.1. Определение расчетной длины стержней	250
9.5.2. Подбор сечений центрально-нагруженных элементов	252
9.5.3. Подбор сечений элементов ферм на действие продольной силы и изгиб	254
9.5.4. Подбор сечений и проверка стержней по предельной гибкости.....	255
9.6. Конструирование легких ферм.....	255
9.6.1. Общие положения	255
9.6.2. Узлы ферм.....	256
9.6.3. Фермы из круглых и прямоугольных труб	256
9.6.4. Фермы из одиночных уголков и тавров	259
9.6.5. Фермы из парных уголков	261
ПРИЛОЖЕНИЯ	269
Приложение 1. Химический состав сталей (ГОСТ 27772-88).....	269
Приложение 2. Механические свойства сталей.....	269
Приложение 3. Расчетные сопротивления стали по ГОСТ 27772-88, используемой для сварных и болтовых соединений, kH/cm^2	270
Приложение 4. Коэффициенты условий работы γ_c	270
Приложение 5.	272
Таблица 1. Минимальные значения катета шва k_f	272
Таблица 2. Материалы для сварных соединений стальных конструкций II, III, IV групп	272
Таблица 3. Расчетные сопротивления сварных соединений	273
Таблица 4. Коэффициенты проплавления β_j и β_z в зависимости от вида сварки	273

Приложение 6	274
Таблица 1. Коэффициенты условий работы болтовых соединений..	274
Таблица 2. Расчетные сопротивления срезу и растяжению болтов ..	274
Таблица 3. Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами	274
Таблица 4. Расчетные сопротивления растяжению фундаментных болтов	275
Таблица 5. Механические свойства высокопрочных болтов по ГОСТ 22356-77*.....	275
Таблица 6. Площади сечения болтов согласно СТ СЭВ 180-75, СТ СЭВ 181-75 и СТ СЭВ 182-75.....	276
Приложение 7. Коэффициенты $c(c_x)$, c_y , n для расчета на прочность элементов стальных конструкций с учетом развития пластических деформаций	276
Приложение 8. Коэффициенты φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов.....	277
Приложение 9.	278
Таблица 1. Коэффициенты φ_e для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) сплошностенчатых стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии	278
Таблица 2. Коэффициенты φ_e для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) сквозных стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии	279
Приложение 10. Коэффициенты расчетной длины.....	280
Приложение 11. Приближенные значения радиусов инерции $i = \sqrt{I/A}$ некоторых типов сечений	281
Приложение 12.	282
Таблица 1. Предельные гибкости сжатых элементов.....	282
Таблица 2. Предельные гибкости растянутых элементов.....	283
Приложение 13. Сортаменты	284
Таблица 1. Уголки стальные горячекатаные равнополочные по ГОСТ 8509-93 (сокращенный сортамент)	284
Таблица 2. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные по ГОСТ 8510-86* (сокращенный сортамент)	285
Таблица 3. Двутавры стальные горячекатаные с уклоном внутренних граней полок (по ГОСТ 8239-89).....	286
Таблица 4. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020-83 (сокращенный сортамент). Тавры, получаемые разрезкой этих сечений A_m , момент инерции I_{ym} и масса m_m могут быть приняты равными 0,5 соответствующего значения для двутавра).....	287
Таблица 5. Швеллеры стальные горячекатаные по ГОСТ 8240-89 (сокращенный сортамент).....	291

Таблица 6. Гнутые равнополочные швеллеры по ГОСТ 8278-83* из стали марок С235, С245, С255, С345 по ГОСТ 2772-88 (сокращенный сортамент).....	293
Таблица 7. Гнутые равнополочные С-образные профили по ГОСТ 8282-83* (сокращенный сортамент).....	294
Таблица 8. Гнутые замкнутые сварные профили прямоугольного сечения по ТУ 67-2287-80 (сокращенный сортамент).....	295
Таблица 9. Гнутые замкнутые сварные профили квадратного сечения по ТУ 36-2287-80 (сокращенный сортамент).....	296
Таблица 10. Трубы сварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 (рекомендуемый сокращенный сортамент с указанием марок стали).....	297
Таблица 11. Сталь листовая горячекатаная по ГОСТ 19903-74.....	298
Таблица 12. Листовой прокат, изготавливаемый в рулонах (сокращенный сортамент).....	298
Таблица 13. Сталь широкополосная универсальная горячекатаная по ГОСТ 82-70 (сокращенный сортамент)	299
Таблица 14. Сортамент профилированных листов типа Н высотой 114 мм, шириной 600 и 750 мм по ГОСТ 24045-94	299
Приложение 14. Расчет и конструирование элементов балочной клетки.....	300
ЛИТЕРАТУРА.....	336

Учебник

**Николай Сергеевич Москалев
Яков Александрович Пронозин**

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Компьютерная верстка: *В.В. Сергеев*
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*
Корректор: *О.А. Таранова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Подписано к печати 13.01.10. Формат 60х90/16.
Бумага а4. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. 21,5 п.л. II завод. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (495)183-56-83,
e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>