

Е.И. Беленя

Металлические конструкции

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
Е11

E11 **Е.И. Беленя**
Металлические конструкции / Е.И. Беленя – М.: Книга по Требованию, 2023. – 560 с.

ISBN 978-5-458-36164-4

ISBN 978-5-458-36164-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригиналe, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Рис. 1.1. Конструкция перекрытия коридора в Никитском соборе (Москва, XVI в.)

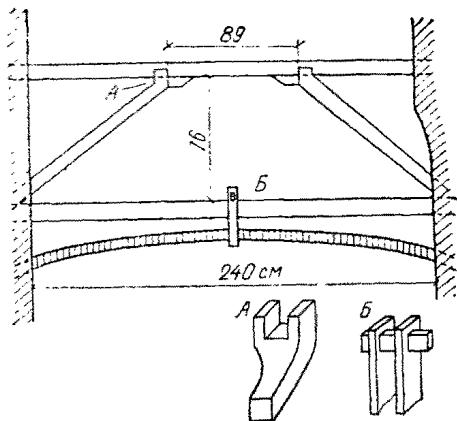
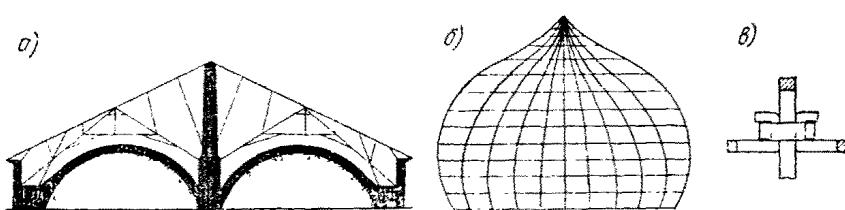


Рис. 1.2. Металлические конструкции XVII в.

а — наклонные стропила, б — каркас купола, в — узел каркаса



постепенно трансформируются в смешанные железо-чугунные треугольные фермы (рис. 1.4).

В фермах сначала не было раскосов (см. рис. 1.4, а), они появились в конце рассматриваемого периода (см. рис. 1.4, б). Сжатые стержни ферм часто выполняли из чугуна, а растянутые — из железа. В узлах элементы соединялись через проушины на болтах. Отсутствие в этот период прокатного и профильного металла ограничивало конструктивную форму железных стержней прямоугольным или круглым сечением. Однако преимущества фасонного профиля уже были поняты и стержни углкового или швеллерного сечения изготавливали гнутьем или ковкой нагретых полос.

Четвертый период (с 30-х годов XIX в. до 20-х годов XX в.) связан с быстрым техническим прогрессом во всех областях техники того времени и, в частности, в металлургии и металлообработке.

В начале XIX в. кричный процесс получения железа был заменен более совершенным — пудлингованием, а в конце 80-х годов — выплавкой железа из чугуна в мартеновских и конверторных цехах. Наряду с уральской базой была создана в России южная база металлургической промышленности. В 30-х годах XIX в. появились заклепочные соединения, чему способствовало изобретение дыропробивного пресса; в 40-х годах был освоен процесс получения профильного металла и прокатного листа. В течение ста последующих лет все стальные конструкции изготавливались клепаными. Сталь почти полностью вытеснила из стро-

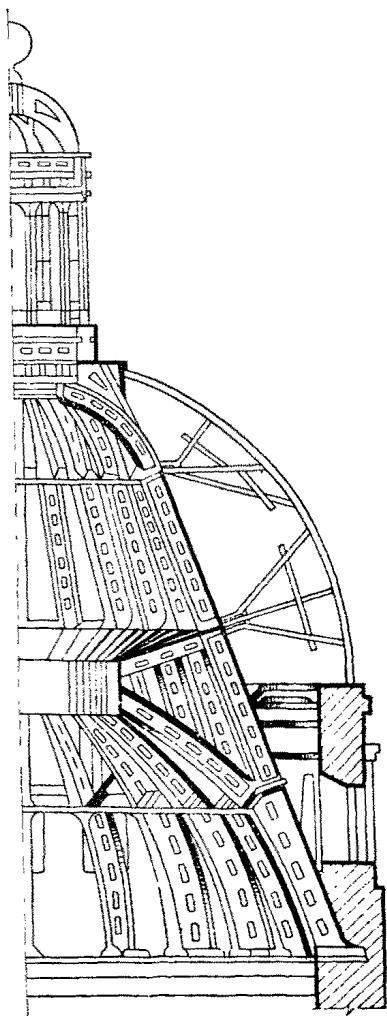


Рис. 1.3. Купол Исаакиевского собора в Ленинграде (40-е годы XIX в.)

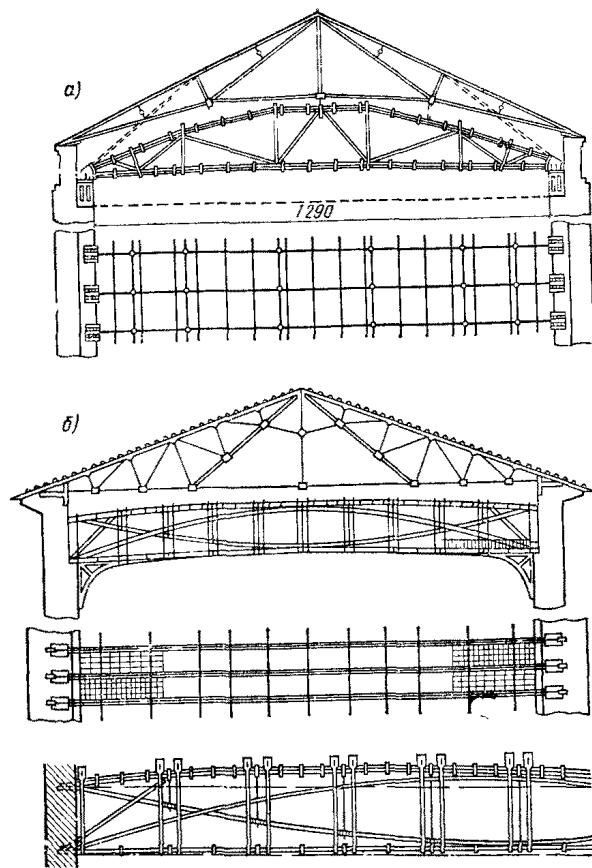


Рис. 1.4. Перекрытие Зимнего дворца в Ленинграде (1837 г.)

ительных конструкций чугун, будучи материалом более совершенным по своим свойствам (в особенности при работе на растяжение) и лучше поддающимся контролю и механической обработке.

Чугунные конструкции во второй половине XIX в. применялись лишь в колоннах многоэтажных зданий, перекрытиях вокзальных дебаркадеров и т. п., где могла быть полностью использована хорошая сопротивляемость чугуна сжатию.

В России до конца XIX в. промышленные и гражданские здания строились в основном с кирпичными стенами и небольшими пролетами, для перекрытия которых использовались треугольные металлические фермы (рис. 1.5). Конструктивная форма этих ферм постепенно совершенствовалась: решетка получила завершение с появ-

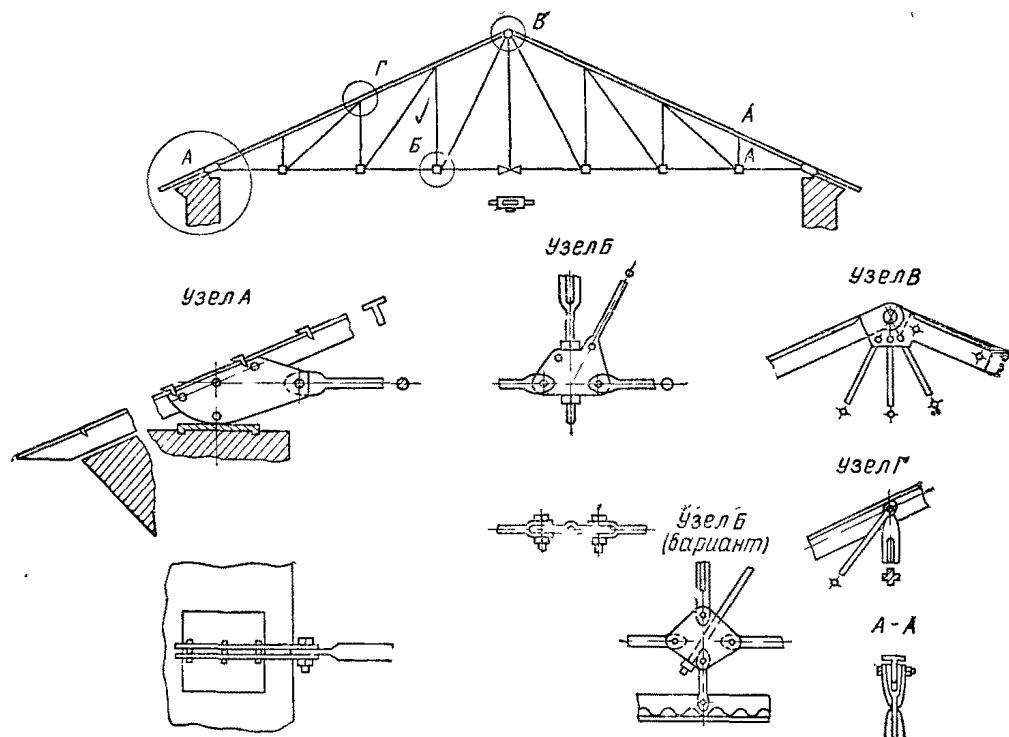


Рис. 1.5. Стропильная ферма (70-е годы XIX в.)

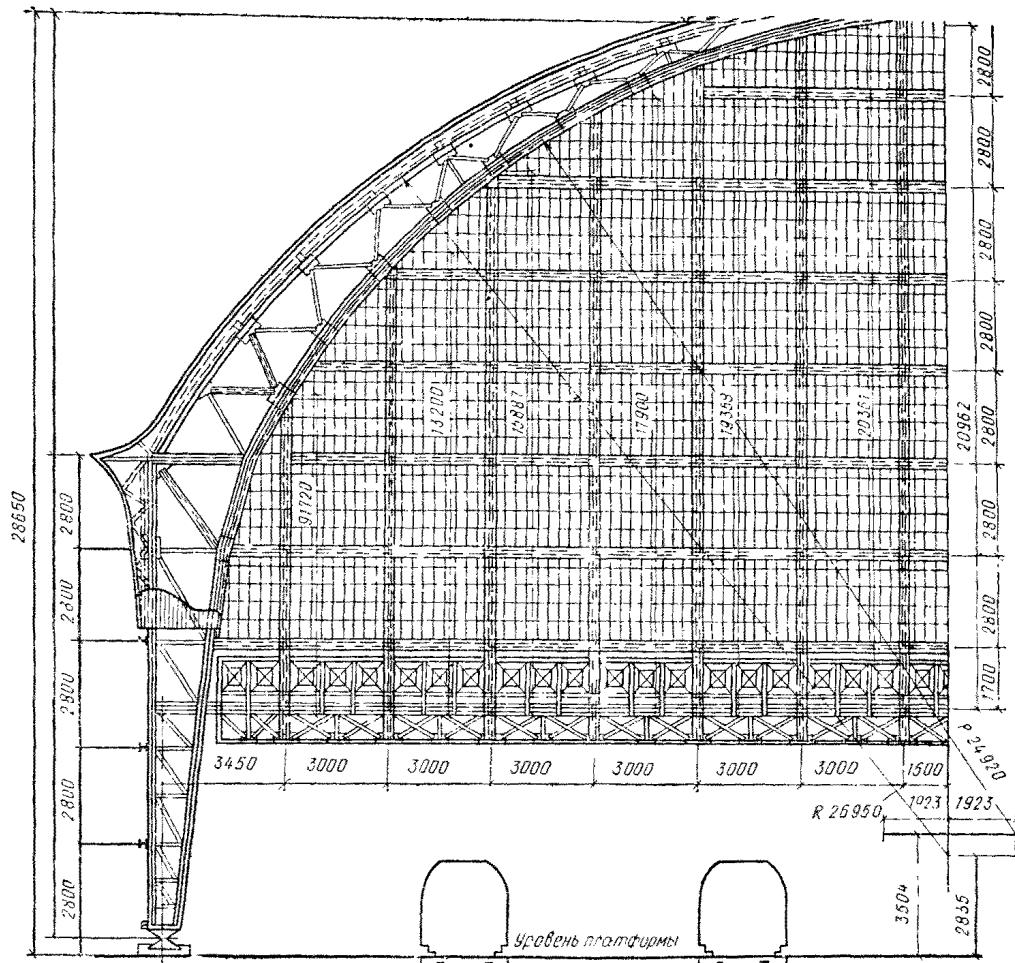


Рис. 16 Перекрытие Киевского вокзала в Москве (1913—1914 гг.)

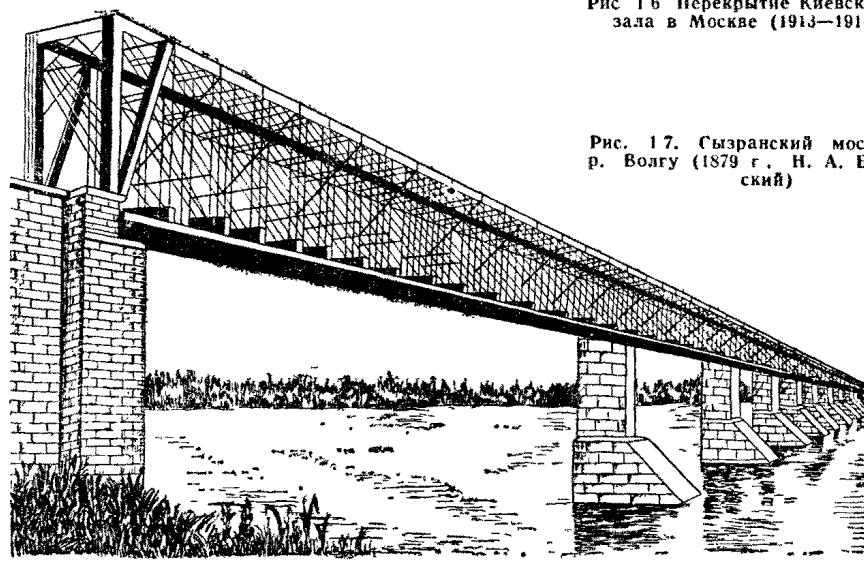


Рис. 17. Сызранский мост через р. Волгу (1879 г., Н. А. Белелюбский)

лением раскосов; узловые соединения вместо болтовых на проушинах стали выполнять заклепочными с помощью фасонок.

В конце прошлого столетия применялись решетчатые каркасы рамно-арочной конструкции для перекрытия зданий значительных проле-

тов. Примерами являются покрытия Сенного рынка в Петербурге (1884 г.) пролетом 25 м, Варшавского рынка пролетом 16 м (1891 г.), покрытие Гатчинского вокзала (1890 г.) и др.

Наибольшего совершенства рамно-арочная конструкция достигла в покрытии дебаркадеров Киевского вокзала в Москве (рис. 1.6), построенного по проекту В. Г. Шухова (1913—1914 гг.).

В конструкциях этих сооружений хорошо проработаны компоновочная схема, опорные закрепления и узловые заклепочные соединения.

Во второй половине XIX в. значительное развитие получило металлическое мостостроение в связи с ростом сети железных дорог. На строительстве мостов развивалась конструктивная форма металлических конструкций, совершенствовалась теория компоновки и расчета, технология изготовления и монтажа. Принципы проектирования, разработанные в мостостроении, были перенесены затем на промышленные и гражданские объекты. Основателями русской школы мостостроения являются известные инженеры и профессора С. В. Кербедз, Н. А. Белелюбский, Л. Д. Проскуряков.

С. В. Кербедз (1810—1899 гг.), инженер-строитель, построил первый в России железный мост с решетчатыми фермами через р. Лугу (1853 г.). Он же является автором самого крупного чугунного моста в Петербурге.

Профессор Н. А. Белелюбский (1848—1922 гг.), мостостроитель и ученый, впервые применил раскосную решетку для мостовых ферм (рис. 1.7), разработал первый в России метрический сортамент прокатных профилей, усовершенствовал методику испытаний строительных материалов, написал первый систематизированный курс по строительной механике.

Профессор Л. Д. Проскуряков (1858—1926 гг.) ввел в мостовые фермы треугольную и шпренгельную решетки и разработал теорию о наивыгоднейшем очертании фермы. За проект моста через Енисей на Парижской выставке 1900 г. Л. Д. Проскуряков был удостоен золотой медали.

Большой вклад в дальнейшее развитие металлостроения в конце XIX и начале XX в. и распространение опыта, накопленного в мостостроении, на металлические конструкции гражданских и промышленных зданий внесли Ф. С. Ясинский, В. Г. Шухов и И. П. Прокофьев. В этот период развитие металлургии, машиностроения и других отраслей промышленности внесло качественное изменение в технологию производства и потребовало оборудования зданий мостовыми кранами. Первое время их устанавливали на эстакадах (рис. 1.8), однако это загромождало помещение. С увеличением грузоподъемности мостовых кранов и насыщенности ими производства, а также с увеличением высоты и ширины пролетов помещений стало целесообразным строить здания с металлическим каркасом, поддерживающим как ограждающие конструкции, так и пути для мостовых кранов. Основным несущим элементом каркаса стала поперечная рама (рис. 1.9), включающая в себя колонны и ригели (стропильные фермы).

Профессор Ф. С. Ясинский (1858—1899 гг.) первый запроектировал многопролетное промышленное здание с металлическими колоннами между пролетами и разработал большепролетные складчатые и консольные конструкции покрытий. Он же внес значительный вклад в расчет сжатых стержней на продольный изгиб, работающих в упруго-пластической зоне деформирования стати.

Исключительно плодотворной и разносторонней была деятельность почетного академика В. Г. Шухова (1853—1939 гг.). Он первый в мировой практике разработал и построил пространственные решетчатые конструкции покрытий и башен различного назначения, использовав для них линейчатые поверхности (рис. 1.10). В построенных им сооружениях реализованы идеи предварительного напряжения конструкций и возведения покрытий в виде висячих систем с эффективным использо-

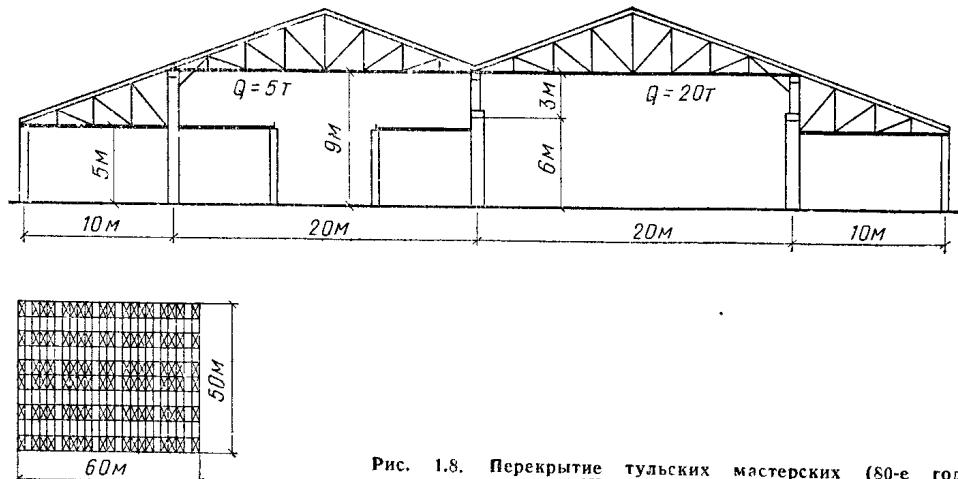


Рис. 1.8. Перекрытие тульских мастерских (80-е годы XIX в., В. Г. Шухов)

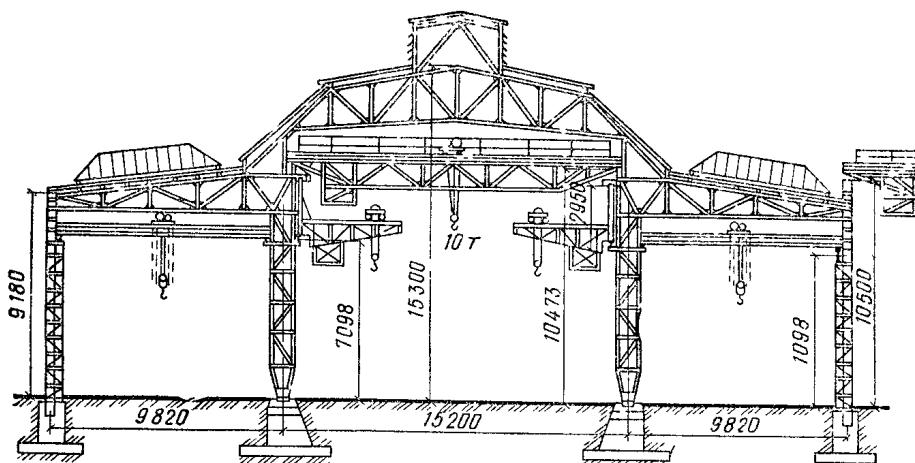


Рис. 1.9. Каркас промышленного здания (начало XIX в.)

ванием работы металла на растяжение (рис. 1.11). Этими проектами В. Г. Шухов намного опередил своих современников и предугадал будущие направления в развитии металлических конструкций, закрепив тем самым приоритет нашей страны.

Особенно значительна его теоретическая и практическая работа в области резервуаростроения и других листовых конструкций. В. Г. Шухов разработал новые конструктивные формы резервуаров, их расчет и методы нахождения оптимальных параметров.

Профессор И. П. Прокофьев (1877—1958 гг.), используя накопленный опыт, опубликовал первую монографию по изготовлению и монтажу металлических мостов и запроектировал ряд уникальных по тому времени большепролетных покрытий (Мурманские и Перовские мастерские Московско-Казанской ж. д., Московский почтамт, дебаркадер Казанского вокзала в Москве).

Пятый период (послереволюционный) начинается с конца 20-х годов, с первой пятилетки, когда молодое социалистическое государство приступило к осуществлению широкой программы индустриализации страны.

К концу 40-х годов клепаные конструкции были почти полностью заменены сварными, более легкими, технологичными и экономическими.

Развитие металлургии уже в 30-х годах позволило применять в металлических конструкциях вместо обычной малоуглеродистой стали более прочную низколегированную сталь [сталь кремнистую для железноз-

дорожного моста через р. Ципу (Закавказье) и сталь ДС для Дворца Советов и московских мостов]. В середине столетия номенклатура применяемых в строительстве низколегированных и высокопрочных сталей значительно расширилась, что позволило существенно облегчить вес конструкций и создать сооружения больших размеров. Кроме стали в металлических конструкциях начали использовать алюминиевые сплавы, плотность которых почти вдвое меньше.

В мощную отрасль индустрии выросла производственная база металлических конструкций. Заводы и специализированные монтажные организации, оснащенные современным высокопроизводительным оборудованием, были объединены в одну систему (Главстальконструкция), выполняющую основной объем строительства металлических конструкций. Объем металлических конструкций за этот период (1930—1980 гг.) увеличился более чем в 20 раз (рис. 1.12). Чрезвычайно расширились номенклатура металлических конструкций и разнообразие их конструктивных форм. Резкий подъем количества и качества металлических конструкций был вызван развитием всех ведущих отраслей народного хозяйства, грандиозным размахом промышленного и гражданского строительства.

Большие и многообразные задачи по развитию металлических конструкций решались усилиями проектных, научных и производственных коллективов. Особенно велика роль проектных трестов — Проектстальконструкция и Промстройпроект, научных институтов — Центрального научного института промышленных сооружений (ЦНИПС), в 50-х годах реорганизованного в Центральный научно-исследовательский институт промышленных сооружений (ЦНИИПС).

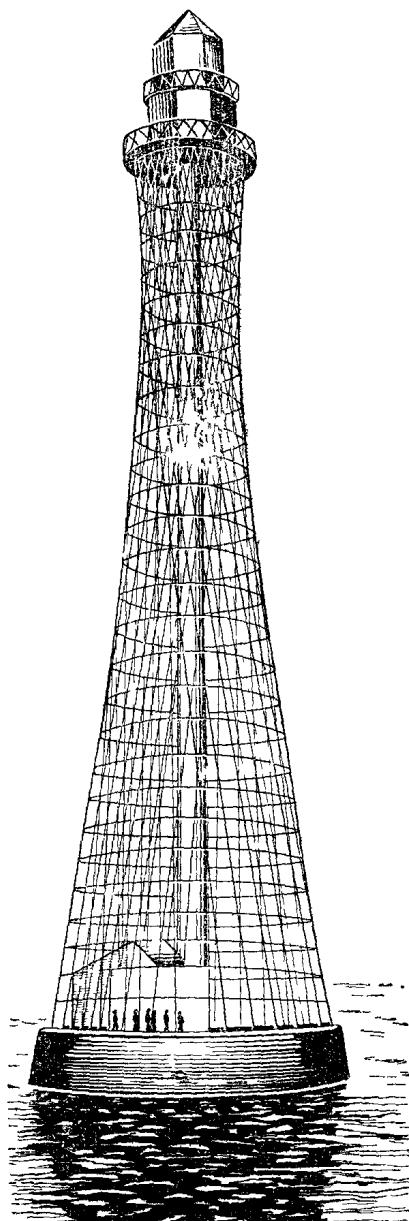


Рис. 1.10. Башня-маяк Шухова

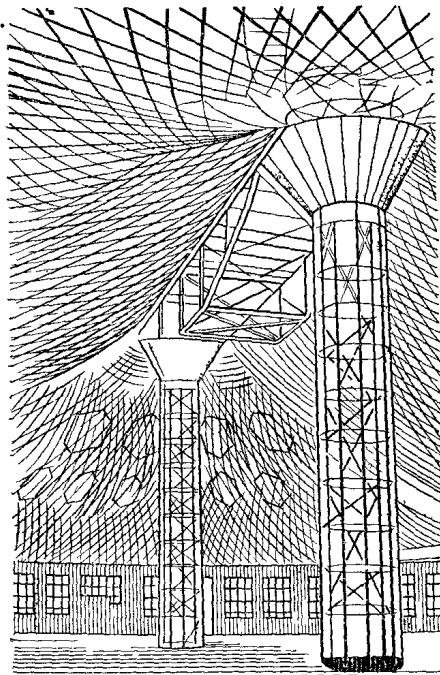


Рис. 1.11. Висячие сетчатые покрытия на Нижегородской ярмарке (1896 г., В. Г. Шухов)

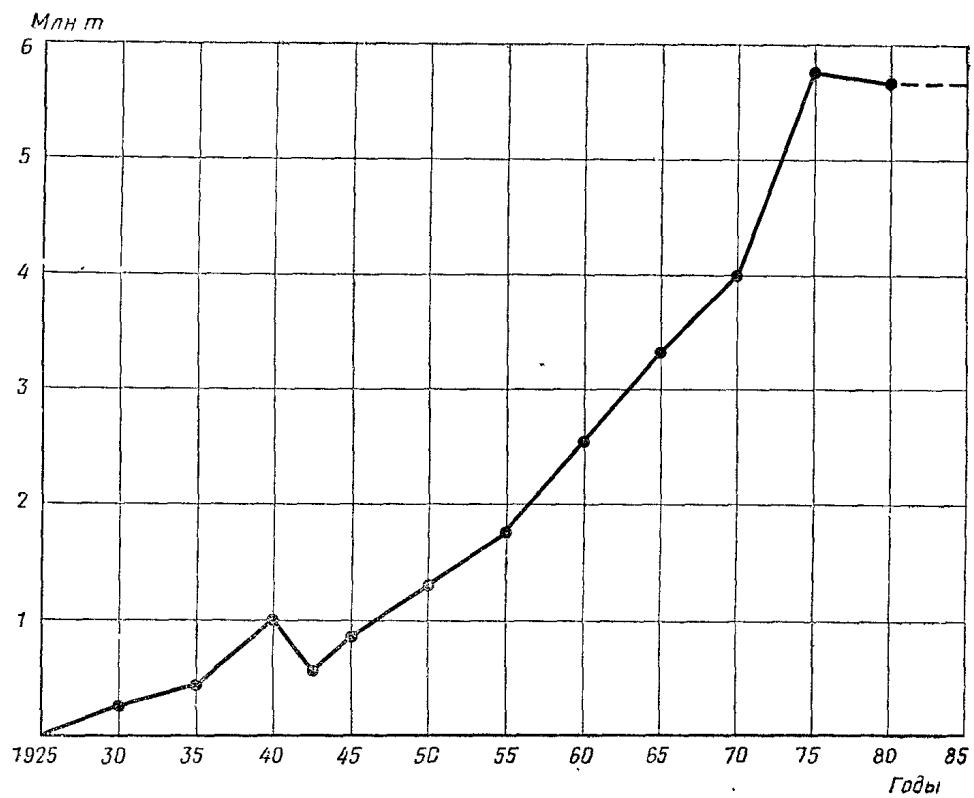


Рис. 1.12. Рост производства металлических конструкций в СССР

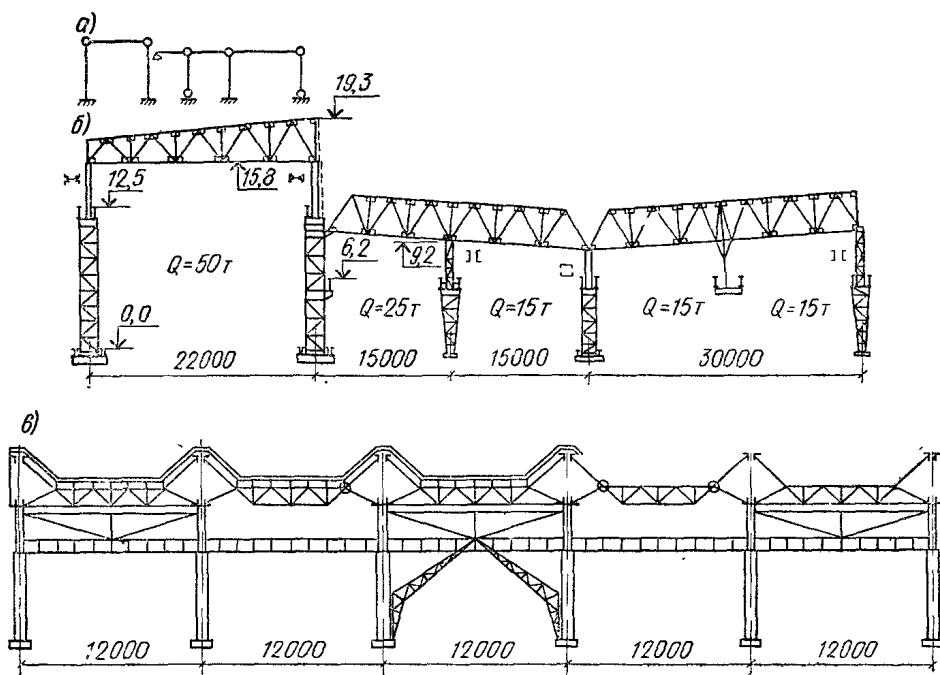


Рис. 1.13. Европейская схема компоновки поперечной рамы производственного здания

довательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК), а также вузовских коллективов. Принцип целесообразности совместной работы проектных и научных коллективов 70-х годах был закреплен преобразованием треста Проектстальконструкция в ЦНИИПроектстальконструкцию — ведущую проектно-исследовательскую организацию металлических конструкций; Промстальконструкции во ВНИПИПромстальконструкцию — ведущую организацию по проектированию и исследованию монтажных работ; созданием ВНИКТИСК — ведущей организации по проектированию и исследованию технологий изготовления металлических конструкций.

В начале 30-х годов стала оформляться советская школа проектирования металлических конструкций. В связи с развитием металлургии и машиностроения строилось много промышленных зданий с металлическим каркасом. Стальные каркасы промышленных зданий оказались ведущей конструктивной формой металлических конструкций, определяющей общее направление их развития. Советская школа постепенно отходила от европейских схем компоновки поперечных рам каркаса, характерных стремлением приблизить конструктивную схему к расчетным предпосылкам, введением большого количества шарниров, что усложняло монтаж и изготовление конструкций (рис. 1.13). Такие схемы не отвечали требованиям эксплуатации в отношении поперечной жесткости зданий в связи с увеличением размеров пролетов, высоты и, главное, грузоподъемности и интенсивности движения мостовых кранов.

Требованиям эксплуатации и высоких темпов строительства в большей степени отвечали сложившиеся к тому времени схемы конструирования поперечных рам с жестким сопряжением колонн с фундаментами и ригелями. Советские проектировщики взяли за основу эти схемы и улучшили их путем аналитического определения оптимальных геометрических соотношений элементов рамы, схемы решеток и т. п. (рис. 1.14). Аналитические изыскания оптимальных компоновочных схем и геометрических размеров элементов сечений стали характерной чертой развития всех видов металлических конструкций в Советском Союзе. Такой подход позволил решать одновременно задачи снижения трудоемкости изготовления конструкций с экономичным использованием стали и скоростным монтажом. Принцип комплексного решения задач при изыскании оптимальной конструктивной формы металлических конструкций стал основным для советской школы проектирования.

Характерной чертой развития металлических конструкций стала типизация конструктивных схем и элементов. Большой объем строительства и связанная с ним повторяемость конструкций создали предпосылки для разработки типовых схем и конструктивных решений каркасов промышленных зданий.

В 1939 г. Промстройпроектом были разработаны типовые секции одноэтажных промышленных зданий со стальным каркасом. Типовые секции включали объемно-планировочные решения для различных пролетов, типовые конструктивные схемы компоновки каркаса и типовые решения конструктивных элементов (ферм, колонн, подкрановых балок и т. п.). Впервые был введен трехметровый модуль пролетов, который затем (в 50-х годах) был заменен шестиметровым; типизированы здания отдельных видов производств (марганцовские цехи, прокатные и т. п.); типизация распространилась на пролетные строения мостов, резервуары, газгольдеры, радиобашни, радиомачты. Типизация, а затем унификация и стандартизация стали одним из главных направлений развития металлических конструкций. Это снижало трудоемкость конструкции и благодаря упорядочению проектирования уменьшало расход стали.

В годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг., несмотря на временную потерю южной металлургической базы и большой расход металла на нужды войны, в промышленном строительстве и мостостроении на Урале и в Сибири широко использовались металлические кон-

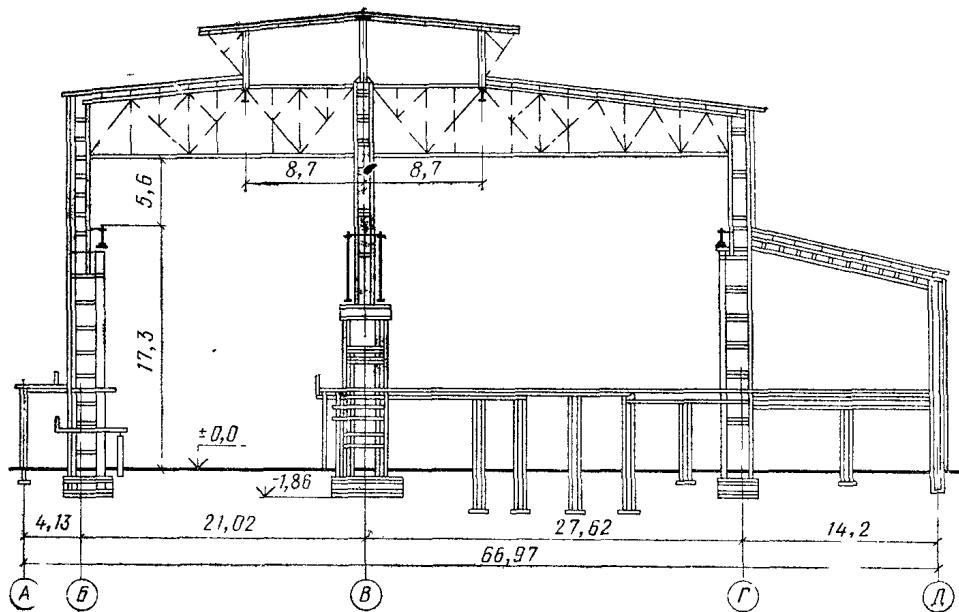


Рис. 1.14. Поперечная рама. Завод «Азовсталь» (начало 30-х годов)

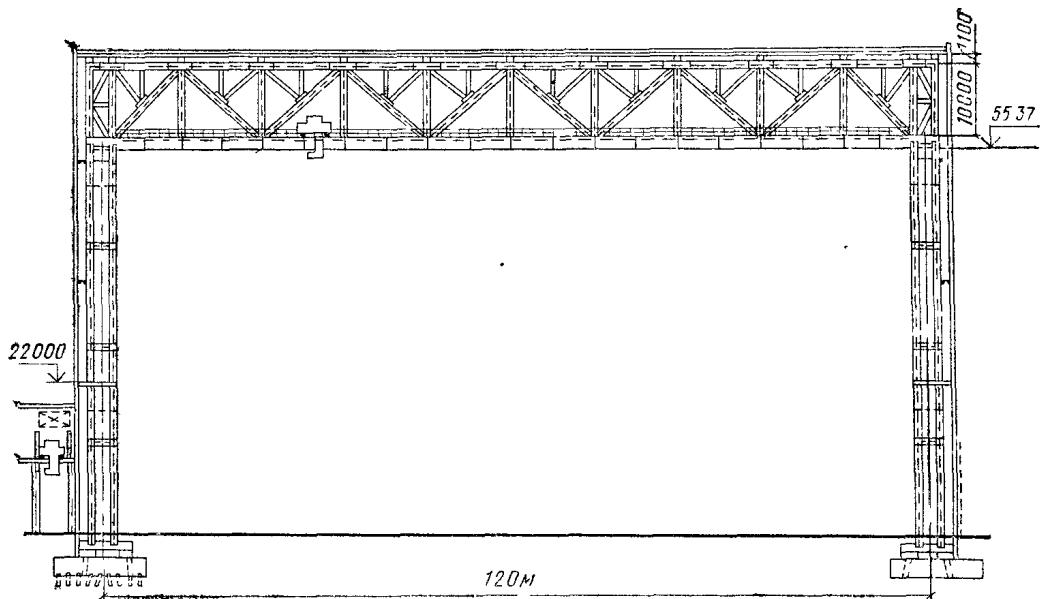


Рис. 1.15. Промышленное здание пролетом 120 м

структур, лучше других конструкций отвечающие основной задаче военного времени — скоростному строительству.

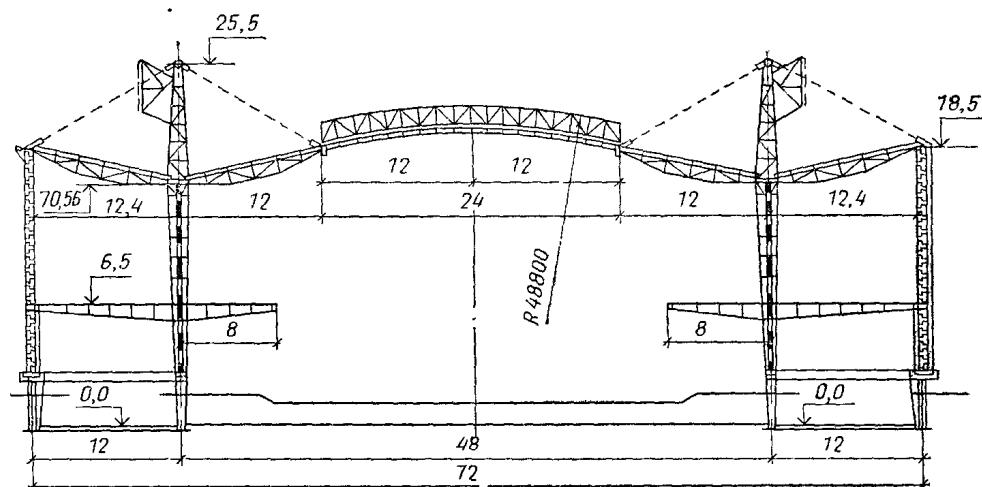
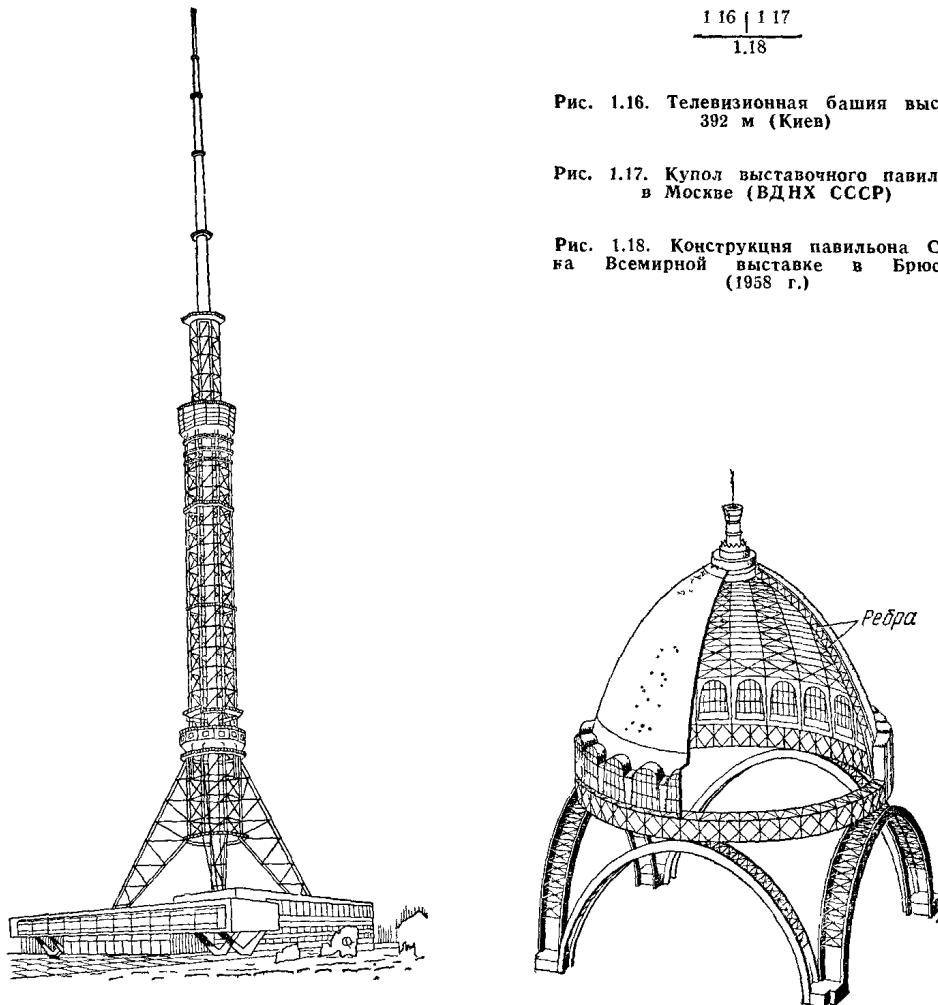
В 50—70-х годах строительство металлических конструкций развивалось с соблюдением основных принципов советской школы проектирования, установленных еще в довоенный период: экономия стали, упрощение изготовления, ускорение монтажа. Для этих лет характерным является широкое применение стали в промышленных сооружениях больших размеров с тяжелыми технологическими нагрузками. Построены такие уникальные промышленные здания, как сборочный цех пролетом 120 м с кранами грузоподъемностью 30 т, подвешенными к стропильным фермам на отметке 57 м (рис. 1.15), двухпролетное здание с кранами грузоподъемностью 1200 и 600 т.

Большое развитие получили листовые конструкции (в связи с развитием нефтяной, газовой, химической и металлургической промышлен-

Рис. 1.16. Телевизионная башня высотой 392 м (Киев)

Рис. 1.17. Купол выставочного павильона в Москве (ВДНХ СССР)

Рис. 1.18. Конструкция павильона СССР на Всемирной выставке в Брюсселе (1958 г.)



ности), высотные сооружения связи (рис. 1.16), опоры электропередачи, а также конструкции общественных зданий (рис. 1.17).

Из общественных сооружений выделяются павильоны Советского Союза на международных выставках в Брюсселе (рис. 1.18) (1958 г.) и Монреале (1967 г.) (рис. 1.19), павильон Космоса на ВДНХ в Москве (см. рис. 1.17), перекрытие Дворца спорта в Лужниках (см. рис. 17.3) и др. Уникальные большепролетные спортивные сооружения