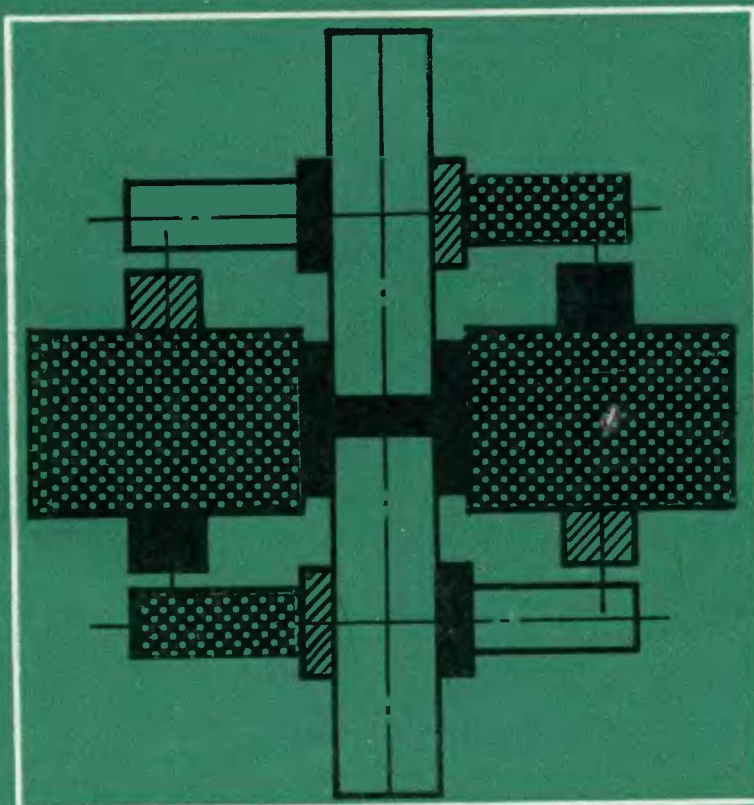


Я. А. Каплун

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ



Я. А. КАПЛУН

СТАЛЬНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ
ИЗ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ
ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ

Под ред. академика И. П. МЕЛЬНИКОВА



МОСКВА СТРОИИЗДАТ 1981

ББК 38.54
К 20
УДК 624.014.2

Печатается по решению секции литературы по строительной физике и конструкциям редакционного совета Стройиздата.

Каплун Я. А.
К 20 Стальные конструкции из широкополочных двутавров и тавров/Под ред. Н. П. Мельникова. — М.: Стройиздат, 1981. — 143 с., ил.

Дан анализ нового отечественного сортамента широкополочных двутавров и тавров в сопоставлении с сортаментами по зарубежным стандартам. Описаны особенности строительных стальных конструкций массового применения с использованием широкополочных двутавров и тавров и приведены рекомендации по их расчету и конструированию. Рассмотрен перечень типовых стальных конструкций из широкополочных двутавров и тавров.

Предназначена для инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций.

К $\frac{30205-202}{047(01)-81}$ 96-80. 3202000000

ББК 38.54
6С4.05

© Стройиздат, 1981

ВВЕДЕНИЕ

Широкополочные двутавры и тавры относятся к наиболее экономичным горячекатаным профилям, получившим большое распространение в технически развитых странах благодаря простоте конструктивных решений, экономичности по расходу стали и существенному снижению трудоемкости изготовления конструкций.

Государственным планом развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг. предусматривалось, начиная с 1978 г., применение значительных объемов широкополочных двутавров при изготовлении строительных стальных конструкций. В 1978—1979 гг. было освоено прокаткой более 20 профилей, в последующие годы намечено производство всех основных профилей сортамента. Со времени пуска первого в СССР универсального балочного стана для прокатки широкополочных двутавров на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате имени В. И. Ленина в строительстве использовано около миллиона тонн нового проката.

Для подготовки к широкому внедрению в практику отечественного строительства нового экономичного металлопроката в ЦНИИпроектстальконструкция были выполнены в течение последних 10—12 лет теоретические и экспериментальные исследования и проектные разработки с целью создания экономичных сортаментов широкополочных двутавров и тавров, современных конструктивных форм и установления областей наиболее рационального их использования. В книге обобщены результаты указанных работ ЦНИИпроектстальконструкция и других организаций Советского Союза с учетом зарубежного опыта.

Благодаря особенностям прокатки широкополочных двутавров и образуемых при их продольном роспуске тавров на универсальных станах с двумя парами валков (горизонтальных и вертикальных) полки двутавров и тавров имеют параллельные грани. Поэтому в зарубежной практике и в рекомендациях Международной организации по стандартизации (ИСО) эти профили называют «двутавры с параллельными гранями полок». Эта терминология принята и в технических условиях на сортаменты широкополочных профилей ТУ 14-2-24-72

«Двутавры и тавры с параллельными гранями полок». Поэтому в дальнейшем изложении вместо терминов «широкополочные двутавры», «широкополочные тавры» приняты названия «двутавры с параллельными гранями полок» и «тавры с параллельными гранями полок».

В отечественной технической литературе практически отсутствуют сколь-нибудь подробные описания конструкций из двутавров и тавров с параллельными гранями полок. Нет в литературе также сортиментов этих профилей, если не считать работу [27], изданную небольшим тиражом. Предлагаемая читателям книга предназначена восполнить в некоторой степени этот пробел.

В книге рассмотрено современное состояние производства двутавров и тавров с параллельными гранями полок в СССР и технически развитых зарубежных странах. Даны сравнительные характеристики отечественного сортамента и сортиментов по зарубежным стандартам. Описаны особенности конструкций массового применения с использованием широкополочных двутавров и тавров и даны рекомендации по компоновке элементов конструкций из этих профилей, а также по их расчету и конструированию. Рассмотрены экспериментальные конструкции из импортных широкополочных двутавров и тавров, использованных в построенных объектах. Приведен перечень типовых стальных конструкций из широкополочных двутавров и тавров и дано краткое описание каждого выпуска. В приложении представлены полные сортаменты двутавров и тавров с параллельными гранями полок (широкополочных двутавров и тавров) по ТУ 14-2-24-72.

ГЛАВА I. ДВУТАВРЫ И ТАВРЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРАНЯМИ ПОЛОК

1. СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗА РУБЕЖОМ

Развитие строительства привело к увеличению размеров прокатных профилей и к появлению широкополочных двутавров, способных заменить сложные составные сечения из уголков и листов, соединенных заклепками. В 1902 г. в Дифферданже (Люксембург) был построен на основе изобретения американского инженера Грея первый стан для прокатки широкополочных двутавров [5, 23]. На нем были успешно прокатаны двутавры высотой до 1000 мм при ширине полок до 300 мм. В США широкополочные двутавры впервые начали прокатывать в 1906 г. на заводах фирмы «Бетлхем стил корпорейшен». Были прокатаны двутавры разных типов высотой до 762 мм с полками шириной до 425 мм. Все широкополочные двутавры имели уклон внутренних граней полка. В 1914 г. немецкая фирма «Пайне» впервые в мировой практике начала прокатывать широкополочные двутавры с параллельными гранями полка [23, 41] на основе усовершенствования, запатентованного Пуппе (1911 г.). Высокая эффективность способа прокатки двутавров с широкими полками и параллельными гранями способствовала весьма быстрому его распространению.

Производство за рубежом экономичных двутавров с широкими и параллельными полками получило особенно большое развитие в 1955—1967 гг. К концу этого периода оно составило около 75% общего производства двутавров в Европейских странах и достигло в 1970 г. 80% общего производства двутавров в США. В последние годы наряду с реконструкцией и совершенствованием существующих станов продолжается строительство новейших станов для прокатки широкополочных двутавров с параллельными гранями полка в США, Канаде, Англии, Японии, Люксембурге, Австралии. По состоянию на 1970 г. общее число станов в мире для прокатки двутавров с параллельными гранями полка составляло 52, в том числе 11 универсальных балочных станов, на которых ведется прокатка только этих профилей. В ПНР производят около 5 тыс. т двутавров с параллельными гранями полка высотой до 300 мм по европейскому сортаменту. По этому же сортаменту в ЧССР прокатывают

двутавры с параллельными полками высотой до 330 мм и двутавры с широкими полками в объеме около 20 тыс. т в год [5].

Наряду с производством широкополочных двутавров методом горячей прокатки разрабатывались усовершенствованные способы изготовления сварных профилей. В начале 60-х годов в США фирмой «АМФ Терматул» был запатентован способ изготовления сварных профилей, в том числе двутавров, с использованием весьма производительного процесса сварки токами высокой частоты [43]. Двутавр сваривается из трех полос рулонной стали. Высота профилей до 490 мм, толщина полков до 16 мм, ширина до 460 мм; толщина стенки от 2,4 до 9,5 мм, высота до 460 мм. Для получения надежного соединения продольные кромки стенки предварительно осаживаются в холодную до утолщения, равного 1,25 начальной толщины заготовки. Скорость сварки: при толщине стенки 4,8 мм—35 м/мин, при толщине стенки 9,5 мм—12 м/мин. Большого распространения это производство, однако, не получило. В примере, приведенном автором статьи [43], сварной двутавр легче равнопрочного горячекатаного двутавра примерно на 9%.

В Японии в 1966—1967 гг. были смонтированы три агрегата американской фирмы «АМФ Терматул» для производства 60—100 тыс. т сварных двутавров в год каждый. Двутавры высотой 122—406 мм с полками шириной 50—150 мм при толщинах стенок 1,6—6,4 мм, полков 3,2—9,5 мм. В связи с пуском высокопроизводительных универсальных балочных станков производство сварных двутавров общего назначения было свернуто. Агрегаты для сварки двутавров японские фирмы приспособили для производства двутавров высотой до 100 мм со стенками толщиной менее 3 мм, поскольку производство таких профилей методом горячей прокатки на универсальных станах неэкономично, а иногда и технически невозможно [5].

Различные усовершенствованные установки по сварке двутавровых профилей применяются и в других странах. В Швеции успешно эксплуатируются поточные линии фирмы «Грэнгэс инженеринг», на которых одновременно сваривают два поясных шва. Производительность этой линии до 30 тыс. т двутавров в год. Такая линия имеется на одном из заводов металлоконструкций в Советском Союзе.

Большое распространение получили сварные двутавры с поясами из широкополочных тавров и стенкой-вставкой из листа. Такие двутавры в большом ассортименте поставляет западногерманская фирма «Пайне» [41]. Такие же изделия с использованием специально прокатываемых тавров с низкой стенкой в качестве поясов производит японская фирма «Ниппон кокан», в том числе профилей из разных марок стали в различных комбинациях [38]. Аналогичные примеры можно привести и из английской практики [36].

Таким образом, основную массу двутавровых профилей в технически развитых странах производят методом горячей прокатки. Наряду с этим применяются усовершенствованные способы производства сварных двутавров в тех случаях, когда получение их методом горячей прокатки практически исключено, а именно: особо тонкостенные балки, профили резко асимметричного сечения, бистальные двутавры, двутавры высотой более 1000 мм и т. п.

2. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА В СССР

Начало широкого индустриального строительства в СССР привлекло внимание строителей к зарубежному опыту, для которого характерно было уже в ту пору всемерное использование широкополочных двутавров при создании экономичных металлических конструкций. В начале 30-х годов на строительстве основных зданий Волгоградского тракторного завода были применены металлические конструкции, изготовленные в США из широкополочных двутавров. В связи с этим начались исследования и разработки сортов металлов широкополочных двутавров отечественного производства и технико-экономические обоснования эффективности их использования в народном хозяйстве с учетом возможных объемов изготовления этих профилей. По данным выполненных исследований была опубликована статья И. И. Пушина (журнал «Строительная промышленность», 1932, № 7), основные положения которой были поддержаны Б. П. Михайловым в его монографиях [22, 23]. На основе этих исследований авторы пришли к выводу, что из-за сравнительно малой потребности в широкополочных двутав-

рах на первые годы (268 тыс. т на 1936 г.) строительство специального стана производительностью 500 тыс. т проката в год нерационально и что в условиях огромной территориальной разбросанности потребителей более целесообразна организация производства сварных двутавров в нескольких географических районах.

Проф. Н. С. Стрелецкий [31] еще в 1934 г. указывал, что роль таких типов профилей, как тавры, двутавры, Н-образные профили («пейнеры»), которые могут рассматриваться как уже готовые комбинации пакетов или даже готовые элементы конструкций (балки, колонны, стержни и т. д.), должна возрасти, поскольку их применение отвечает общему ускорению темпов сооружения и уменьшению трудоемкости.

За создание отечественного производства широкополочных двутавров в предвоенный период выступали видные советские специалисты в области металлических конструкций. В. М. Вахуркин [1] считал необходимым соорудить в нашей стране специальный стан для прокатки широкополочных двутавров мощностью 500 тыс. т в год. А. В. Крылов [13] определил и обосновал потребность нашего строительства в широкополочных двутавровых профилях на третью пятилетку.

В послевоенный период публикации в пользу создания стана по прокатке широкополочных балок стали еще более настойчивыми [2, 3, 17, 18]. В ЦНИИпроект-стальконструкция был разработан проект стандарта на широкополочные двутавры, который был утвержден в 1952 г. ГОСТ 6183—52 предназначался в качестве задания на проектирование оборудования для производства широкополочных двутавров. В упомянутых публикациях обосновывалась потребность в широкополочных двутаврах и определялась мощность стана в 1 млн. т. Проблема производства и применения широкополочных двутавров обсуждалась на научно-техническом совещании по рационализации профилей проката [26], она нашла отражение в капитальных трудах по металлическим конструкциям [20, 21, 24], а также в отдельных публикациях и выступлениях [9, 14].

В 1977 г. введен в строй первый универсальный балочный стан производительностью 1,5 млн. т широкополочных двутавров в год. Для полного удовлетворения потребностей народного хозяйства в двутаврах и таврах с параллельными гранями полок предполагается устано-

вить на одном из южных заводов и на одном из заводов Западной Сибири станы для прокатки двутавра с параллельными гранями полок высотой до 600—700 мм [5].

Наряду с работами по исследованию и обоснованию применения горячекатаных двутавровых профилей, в нашей стране велись работы по совершенствованию сварных двутавров. На днепропетровском заводе металлоконструкций им. Бабушкина была пущена в начале 60-х годов первая поточная линия по изготовлению сварных двутавров из трех полос листовой и универсальной стали. В целях улучшения качества сварных балок, повышения производительности сварки и упрощения технологии изготовления двутавров Институт электросварки им. Е. О. Патона предложил способ производства широкополочных балок, предусматривающий использование для полок специальных прокатных профилей, имеющих форму низких тавров [7]. Это конструктивное решение напоминает двутавры, поставляемые фирмой «Ниппон кокан» [38].

Институтом электросварки им. Е. О. Патона и ВНИИМЕТМАШ предложен новый способ поточного производства экономичных сварных двутавровых балок из специальных низкотавровых прокатных профилей для полок и листового проката для стенок, соединяемых с помощью индукционной высокочастотной сварки [28]. Для повышения качества и экономической эффективности процесса изготовления сварных двутавровых профилей по указанному способу ВНИИМЕТМАШ предложил использовать в качестве стенки сварной двутавровой балки полосы с высаженными кромками, т. е. с кромками, имеющими толщину на 30—40% большую, чем толщина самой полосы. Этим способом можно изготавливать различные виды двутавровых профилей, которые не могут быть получены прокаткой. Пример рационального использования сварных двутавров — балки путей подвешенного подъемно-транспортного оборудования. Двутавр имеет резко асимметричное сечение, его нижний (ездовой) пояс выполняется из специального профиля с направляющими приливами для ходовых роликов крана. Этот профиль изготавливается из стали повышенной прочности и износостойкости. Верхний пояс для обеспечения общей устойчивости балки пролетом 6 или 12 м имеет достаточно развитые из плоскости двутавра размеры.

Ведутся также работы по созданию поточных линий автоматизированного изготовления тонкостенных сварных двутавров для прогонов покрытия пролетом 12 м [34]. Сварной двутавр высотой 500 мм со стенкой толщиной 3 и 3,5 мм намечено изготавливать из трех полос рулонной стали с применением высокочастотной сварки со средней скоростью 15 м/мин. Как указывает автор, применение рулонной стали с большими отклонениями по размерам (согласно действующим ГОСТам) потребует организации участка подготовки полос, что существенно увеличит количество отходов и снизит технологические достоинства тонкостенных прогонов. Тем не менее тонкостенные сварные двутавры являются весьма перспективной конструктивной формой.

На одном из отечественных заводов металлоконструкций имеется поточная линия фирмы «Грэнгэс инженеринг» для производства сварных двутавровых балок; производительность линии 30 тыс. т/год при двухсменной работе и средней массе двутавров 160 кг/м. Высота двутавров 200—2000 мм, ширина полок 50—550 мм, толщина стенки 4—13 мм, толщина полок до 50 мм.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДВУТАВРОВЫХ ПРОФИЛЕЙ

Современные сортаменты двутавров с параллельными гранями полок содержат профили трех различных модификаций: двутавры с полками нормальной ширины, предназначенные в основном для работы на изгиб и в качестве ветвей решетчатых колонн; двутавры с уширенными полками, используемые в элементах, подверженных воздействию внецентренного сжатия; двутавры с широкими полками (ширина полок равна высоте профиля), предназначенные для колонн сравнительно небольшой высоты, в которых определяющим воздействием является сжатие.

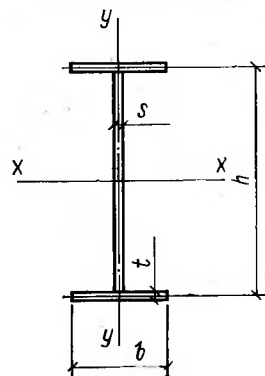


Рис. 1. Схема симметричного двутавра

Двутавры с параллельными гранями полок являются, как из-

вестно, профилями общего назначения, применяемыми в самых разнообразных областях при различных силовых воздействиях и при различных их сочетаниях. Расчетные характеристики в плоскости наибольшей жесткости симметричного двутаврового профиля, схема которого изображена на рис. 1, определяющие его сопротивление тем или иным силовым воздействиям, могут быть приближенно (пренебрегая по малости толщиной полки в сравнении с высотой профиля) представлены так [10]:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{c^{1/2} F^{3/2}}{4} \left(2 - \frac{4}{3} k\right) k^{1/2}; \\ W_{\text{п}} &= \frac{c^{1/2} F^{3/2}}{4} (2 - k) k^{1/2}; \\ J &= \frac{cF^2}{12} (3 - 2k) k; \\ i &= \frac{c^{1/2} F^{1/2}}{2\sqrt{3}} (3k - 2k^2)^{1/2}; \\ C_c &= \frac{Js}{S} = \frac{2F}{3} \frac{3 - 2k}{2 - k} k, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где W — упругий момент сопротивления; $W_{\text{п}}$ — пластический момент сопротивления; J — момент инерции; i — радиус инерции; C_c — сопротивление срезу; S — статический момент полусечения, $c = h/s$; $k = (hs)/F$; F — площадь поперечного сечения профиля.

Для анализа весьма удобно пользоваться удельными характеристиками, предложенными З. Р. Пацкевичем¹. По его определению, удельными являются расчетные характеристики профиля, площадь поперечного сечения которого равна единице. Разделив характеристики из выражения (1) соответственно на $F^{3/2}$, $F^{3/2}$, F^2 , $F^{1/2}$ и F , получим:

$$\left. \begin{aligned} \bar{W} &= \frac{c^{1/2}}{4} \left(2 - \frac{4}{3} k\right) k^{1/2}; \\ \bar{W}_{\text{п}} &= \frac{c^{1/2}}{4} (2 - k) k^{1/2}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

¹ Пацкевич З. Р. Удельный момент сопротивления изгибу и его применение к расчетам металлических балок. С.-Пб., типография Эрлих, 1894.

$$\left. \begin{aligned} \bar{J} &= \frac{c}{12} (3 - 2k) k; \\ \bar{i} &= \frac{c^{1/2}}{2\sqrt{3}} (3k - 2k^2)^{1/2}; \\ \bar{C}_c &= \frac{2 - \frac{4}{3}k}{2 - k} k. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Из приведенных выражений следует, что первые четыре характеристики возрастают с увеличением параметра c , т. е. с увеличением гибкости стенки или, как принято говорить, с увеличением относительной тонкостенности. Последняя характеристика — удельное сопротивление сечения срезу зависит только от параметра k , т. е. от того, как распределен материал между стенкой и полками двутавра.

Рассмотрим, как влияет параметр k на изменение расчетных характеристик. Анализ показывает, что оптимальные значения параметра k неодинаковы для различных расчетных характеристик (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Оптимальные значения параметра k при заданном значении c

Расчетная характеристика	$k_{\text{опт}}$
Упругий момент сопротивления	$1/2$
Пластический момент сопротивления	$2/3$
Момент инерции, радиус инерции	$3/4$
Сопротивление сечения срезу	1

Теперь проанализируем, как влияет изменение параметра k на экономичность профилей по расходу материала. Во-первых, отметим, что нормы (СНиП II-V.3-72) предписывают определять пластический момент сопротивления двутавра в плоскости наибольшей жесткости так: $W_{\text{п}} = 1,12 W$, т. е. независимо от фактических геометрических размеров профиля. Следовательно, для $W_{\text{п}}$ сохраняется $k_{\text{опт}}$, как и для упругого момента сопротивления. Такие характеристики, как момент инерции и сопротивление сечения срезу в большинстве практических случаев не являются определяющими и поэтому не могут служить основанием при формообразовании

профилей. Остается проанализировать влияние изменения $k_{\text{опт}}$ на экономичность профиля при определении радиуса инерции сечения в плоскости его наибольшей жесткости.

Найдем, как изменится радиус инерции двутавра, если при заданном значении площади сечения ($F = \text{const}$) и при фиксированной гибкости стенки ($c = \text{const}$) параметр k принять вместо $k_1 = k_{\text{опт}} = 3/4$, $k_2 = k_{\text{опт}} = 1/2$, т. е. $k_{\text{опт}}$, соответствующий максимальному значению момента сопротивления:

$$\Delta i = \frac{i_{(k=1/2)}}{i_{(k=3/4)}} = \sqrt{\frac{3k_2 - 2k_2^2}{3k_1 - 2k_1^2}} = \sqrt{\frac{1}{1,125}} = 0,943.$$

Итак, при уменьшении k в 1,5 раза радиус инерции уменьшается всего на 5—6%. При этом потери площади сечения еще меньше. Величина этих потерь изменяется в зависимости от гибкости элемента.

Соотношения размеров элементов поперечного сечения двутавров связаны также определенными нормативными требованиями по условиям местной устойчивости. Гибкость не укрепленной ребрами жесткости стенки, равная отношению высоты плоской части стенки, т. е. расстояния между центрами выкружек h_0 , к толщине стенки s , не должна превышать значений, приведенных в табл. 2.

Предельные свесы полок центрально- и внецентренно-сжатых и изгибаемых элементов, т. е. отношение расчетной ширины свеса, измеряемого от начала внутреннего закругления полки до пера двутавра или тавра b^*

Т а б л и ц а 2. Предельные значения h_0/s

Воздействие и условия расчета	h_0/s для стали класса		
	С38/23	С44/29	С46/33
Изгиб. Расчет по упругой стадии при статической нагрузке	100	90	85
Изгиб. Расчет по пластической стадии при статической нагрузке или расчет по упругой стадии при подвижной нагрузке	70	63	60
Центральное сжатие	40+0,4 λ^*	36+0,4 λ^*	34+0,4 λ^*

* Но не более 75, а при недонапряжении не более 90.

Т а б л и ц а 3. Предельные отношения b'_0/t для центрально- и внецентренно-сжатых элементов

Элемент	Класс стали	b'_0/t^* при гибкости λ				
		25	50	75	100	125
Полка двутавра	С38/23 С44/29 и С46/33	14	16	18,5	20,5	23
		12	15	18	20	22
Полка тавра	С38/23 С44/29 и С46/33	14	15,5	17,5	19,3	21,5
		12	14	16,3	18,3	20,3

* В случае недонапряжения возможно увеличение до 1,25 раза.

Т а б л и ц а 4. Предельные отношения b'_0/t для изгибаемых двутавров

Элемент	b'_0/t^* для стали класса	
	С38/23	С44/29 и С46/33
Полка изгибаемого двутавра	15	13

* В случае недонапряжения возможно увеличение до 1,25 раза.

Т а б л и ц а 5. Предельные отношения h_0/s для стенок сжатых тавров

Элемент	Класс стали	h_0/s при гибкости λ				
		25	50	75	100	125
Стенка тавра	С38/23 С44/29 и С46/33	14 η	15 η	16,5 η	18 η	20 η
		12 η	13 η	14,5 η	16,5 η	18,5 η

к толщине полки t двутавра или тавра, не должны превышать значений, приведенных в табл. 3 и 4.

Для стенок сжатых тавров предельные отношения свеса стенки, т. е. отношение расчетной высоты стенки h_0 , измеряемой от начала внутреннего закругления стенки до ее конца, к толщине стенки s , не должно превышать значений, приведенных в табл. 5.

Значение η определяется по формуле

$$\eta = 1 + 0,25 \sqrt{2 - b/h_0}, \quad (3)$$

где b — ширина полки тавра; $1 < b/h_0 < 2$.

Помимо указанных нормативных ограничений, налагаемых условиями местной устойчивости, необходимо также учитывать ограничения, вызываемые технологическими особенностями. В частности, отношение толщины полки к толщине стенки t/s предопределяет значение начальных (термических) напряжений вследствие неравномерного остывания профилей после прокатки. Поэтому весьма важно стремиться к тому, чтобы отношение t/s приближалось к единице, если только это допустимо по условиям прокатки. В некоторых японских фирменных сортаментах, а также в некоторых широкополочных профилях, прокатываемых в США, толщины полок равны толщине стенки. В отечественном сорimente в порядке эксперимента также предусмотрен один такой профиль (23К*).

Нормальные двутавры, используемые в качестве изгибаемых (балочных) элементов, могут служить также ветвями решетчатых колонн. В этом случае, как было показано (см. табл. 1), $k_{\text{опт}} = 3/4$.

При таком распределении материала получим двутавр с весьма узкими полками и малой боковой жесткостью (i_y). В связи с этим может потребоваться более частая решетка, связывающая ветви колонны. Кроме того, наличие параллельности граней полок двутавров позволяет прикреплять элементы решетки непосредственно к внутренним граням полок ветвей колонн. При достаточной ширине полок ($k \neq 3/4$) во многих случаях уголки решетки могут быть прикреплены непосредственно к полкам двутавров без узловых уширений, что существенно снижает трудоемкость изготовления колонн.

Таким образом, при формообразовании двутавров приходится учитывать, помимо теоретических предпосылок оптимального распределения материала в поперечном сечении профиля, различные нормативные ограничения, требования технологии прокатки, а также особенности конструктивной формы в реальных условиях использования профилей. Задача эта может рассматриваться как комплексная оптимизационная задача со многими взаимосвязанными, но независимо изменяющимися параметрами.

4. НОВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СОРТАМЕНТЫ

Сортамент широкополочных двутавров по ГОСТ 6183—52 к началу 70-х годов уже не мог служить основой новых разработок. В связи с этим институтами УкрНИИМЕТ, ЦНИИпроектстальконструкция и ЦНИИпромзданий были составлены новые сортаменты двутавров и тавров с параллельными гранями полков, которые были утверждены Минчерметом СССР в феврале 1972 г., и получили наименование: «Сталь горячекатаная. Двутавры и тавры с параллельными гранями полков. Сортаменты. Технические условия ТУ 14-2-24-72» [11, 27].

Эти сортаменты послужили заданием на проектирование нового универсального балочного стана и другого технологического оборудования, а также для разработки современных конструктивных решений. Новые сортаменты по экономичности профилей не уступают мировым стандартам. Вместе с тем в них заложены перспективные возможности получения более экономичных профилей. В сортаменте имеются экспериментальные профили, обозначенные звездочкой, параметры которых определяют наиболее экономное расходование стали. Окончательные размеры этих профилей будут уточнены после ряда опытных прокаток.

Представленные в ТУ 14-2-24-72 сортаменты (см. приложение) содержат профили разного назначения. В зависимости от формы поперечного сечения профилей, определяемой условиями их работы в конструкциях, все двутавры с параллельными гранями полков подразделяются на нормальные — Б, широкополочные — Ш, колонные — К, колонные уширенные — КУ.

Тавры, получаемые продольным роспуском двутавров пополам, подразделяются соответственно на нормальные — БТ, широкополочные — ШТ, колонные — КТ, колонные уширенные — КУТ.

Колонные уширенные двутавры (КУ), имеющие полки большего размера, чем высота профиля, так же как и профили со звездочками (*),

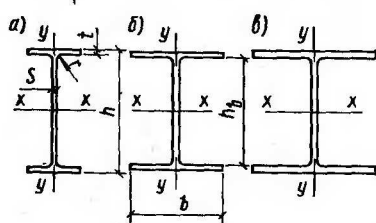


Рис. 2. Двутавры с параллельными гранями полков
а — нормальные; б — широкополочные;
в — колонные

являются экспериментальными и их окончательные размеры будут установлены на основе опытных прокаток. Все эти профили в первый период эксплуатации универсального балочного стана систематически поставляться не будут.

Нормальные двутавры Б (рис. 2, а) имеют отношение номинальной высоты профиля к ширине полок от 2 до 3,12; у широкополочных двутавров (рис. 2, б) это отношение изменяется от 1,3 до 2,5; у колонных двутавров (рис. 2, в) номинальная ширина полок равна номинальной высоте двутавров. Перечень основных параметров двутавров (их номинальные высоты h , ширина полок b и число профилей в серии n), т. е. число профи-леразмеров данной номинальной высоты, приведен в табл. 6.

Номинальная высота тавров (рис. 3) равна половине номинальной высоты двутавров, из которых они образованы. Остальные размеры тавров такие же, как у соответствующих двутавров.

Как было показано ранее, основным параметром, оказывающим решающее влияние на экономичность профилей по расходу стали, является их относительная тонкостенность s . В большинстве случаев пределы этого параметра диктуют условия прокатки профилей и толь-

Т а б л и ц а 6. Перечень основных параметров двутавров по ТУ 14-2-24-72

Номи- нальная высота h , мм	Нормальные двутав- ры Б		Широкополочные двутавры Ш		Колонные двутавры К	
	ширина полки b , мм	n	ширина полки b , мм	n	ширина полки b , мм	n
200	100	3	150	2	200	4
230	110	3	155	2	230	4
260	120	3	180	2	260	5
300	140	3	200	4	300	8
350	155	3	250	4	350	8
400	165	3	300	4	400	14
450	180	3	—	—	—	—
500	200	3	300	5	—	—
550	215	3	—	—	—	—
600	230	3	320	6	—	—
700	260	4	320	8	—	—
800	270	4	340	3	—	—
900	310	4	360	3	—	—
1000	320	4	400	2	—	—

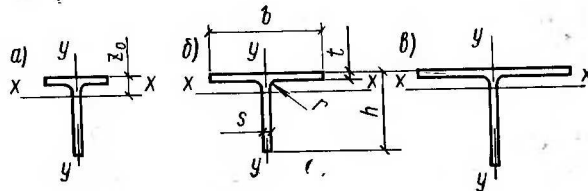


Рис. 3. Тавры с параллельными гранями полок
 а — нормальные; б — широкополочные; в — колонные

ко для самых больших номеров профилей определяющим показателем является предельное отношение по условиям местной устойчивости стенок двутавров и тавров.

В табл. 7 сопоставлены параметры c нормальных двутавров Б по ТУ 14-2-24-72 с параметрами аналогичных профилей по зарубежным стандартам.

Как следует из табл. 7, относительная тонкостенность отечественных нормальных двутавров Б выше, чем у всех профилей по зарубежным стандартам. Этим обеспечена несколько большая экономичность двутавров Б. Сортамент по рекомендации ИСО R657/VII (дюймовая серия) фактически повторяет сортамент США в несколько сокращенном виде по числу профилей.

Таблица 7. Сопоставление относительной тонкостенности $c = h/s$ нормальных двутавров различных сортовентов

Номинальная высота h , мм	ТУ 14-2-24-72	JIS G-3192 (Япония)	ИСО R 657/VII (дюймовая серия)	B.S.Part.I 1969 (Англия)	ИРЕ (Евроном 19-57) [42]
200	38,5	36,4	37,7	—	35,7
230	42,5	—	40	—	38,7
260	46,5	41,7	43—45	—	39,4
300	51,7	46,2	46,8	50	42,3
350	58,3	58,3	50	50,8	45
400	58,8	57,2	52,7	47,7—54	46,5
450	59,2	56,3	55	50,5	47,8
500	59,5	55,5	—	—	49
550	59,8	—	57,7	52,5	49,5
600	60	60	57,2	54,5	50
700	60,8	54	59,2	55,2	—
800	61,5	57,2	60	53,2—57,2	—
900	62,8	60	60	57,5	—
1000	64,5	—	62,5	—	—

Сопоставление параметра $c=h/s$ для широкополочных двутавров Ш по ТУ 14-2-24-72 с параметрами аналогичных профилей по зарубежным стандартам приведено в табл. 8, а для колонных двутавров К — соответственно в табл. 9. Как следует из этих сопоставлений, параметры профилей по ТУ 14-2-24-72 превосходят параметры профилей по всем зарубежным стандартам. Исключение составляют широкополочные двутавры Ш высотой 800, 900 и 1000 мм, у которых относительная тонкостенность меньше, чем у профилей по японскому стандарту и профилей по европейскому сортаменту. Однако отечественные профили имеют существенно

Таблица 8. Сопоставление относительной тонкостенности $c=h/s$ двутавров Ш различных сортаментов

Номинальная высота h , мм	ТУ 14-2-24-72	JIS G-3192 (Япония)	ИСО R 657/VII (двоймовая серия)	Сортамент США	НРЕ (Евроном 53-62) [42]
200	33,2	32,4	—	33,1	—
230	35	—	—	—	—
260	36,9	34,8	—	34	—
300	38,8	36,8	40	34,1	—
350	40	37,8	—	36,5	—
400	41	39	36,4	32,1	35,4
500	46,6	43,8	40,8	35,4—40,3	40,8
600	50	49	42,8	43—51,7	45,3
700	53,3	53,2	} 46,8	45	47,5
800	53,8	56,5*			53,8
900	55,2	59,3*	53	53,8	55,6*
1000	57,5	—	55,5	47,5	60*

* При ширине полок 300 мм вместо соответственно 340, 360 и 400 мм по ТУ 14-2-24-72.

Таблица 9. Сопоставление относительной тонкостенности $c=h/s$ колонных двутавров К различных сортаментов

Номинальная высота h , мм	ТУ 14-2-24-72	JIS G-3192 (Япония)	ИСО R657/IX (двоймовая серия)	Сортамент США	НРЕ (Евроном 53-62) [42]
200	30,8	25	27,4	27,4	29,3
230	33,3	—	—	—	30,6
260	32,7	27,8	29,5	29,5	33,3
300	34,8	30	30,3	30,3	34,1
350	36,9	34,8	33,3	33,3	—
400	36,4	35,8	—	—	—

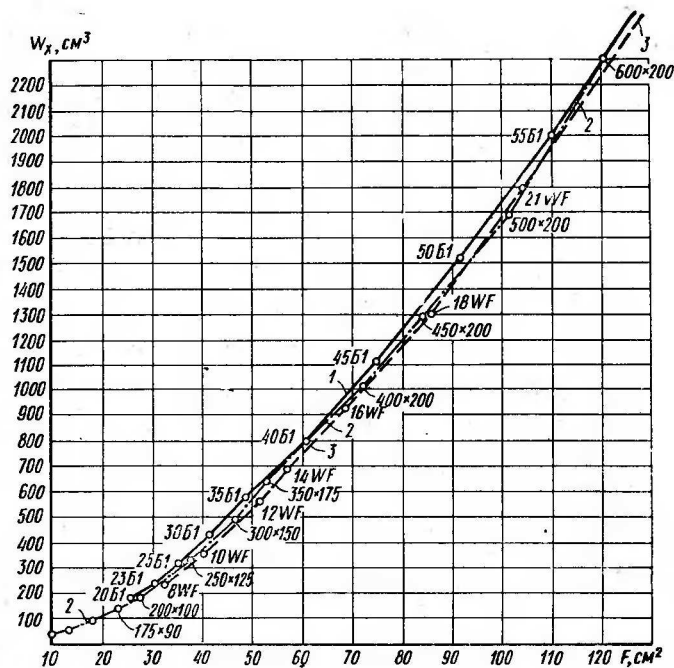


Рис. 4. График зависимости W_x — F нормальных двутавров
 1 — по ТУ 14-2-24-72; 2 — по японскому стандарту JIS G-3192; 3 — по рекомендации ИСО R657/VII (дюймовая серия)

большую ширину полки, поэтому, строго говоря, условия сопоставимости нарушены.

Оценка экономичности профилей по ТУ 14-2-24-72 в сравнении с наиболее экономичными профилями по японскому стандарту JIS G-3192 и по рекомендациям ИСО (дюймовая серия) может быть сделана по графику W_x — F применительно к нормальным двутаврам Б (рис. 4). Из этого графика следует, что нормальные двутавры Б1 имеют наименьшую площадь поперечного сечения (F), из всех сопоставляемых двутавров равной несущей способности (т. е. с одинаковыми W_x).

Нормальные двутавры Б рационально использовать также в качестве ветвей решетчатых колонн. На графике зависимости i_x — F (рис. 5) сопоставлены кривые нормальных двутавров Б и аналогичных профилей по япон-

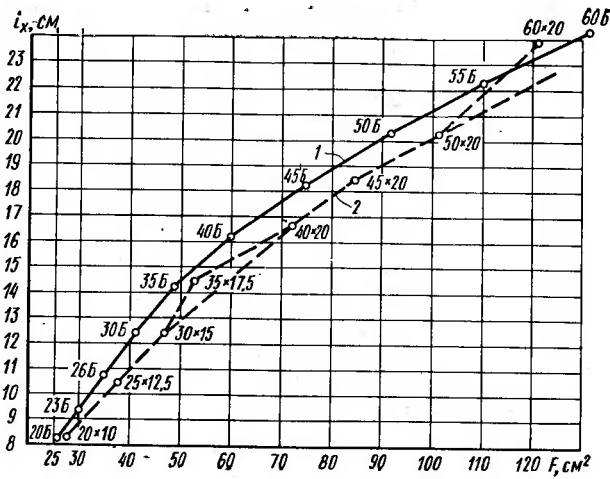


Рис. 5 График зависимости i_x — F нормальных двутавров
1 — по ТУ 14-2-24-72; 2 — по японскому стандарту JIS G-3192

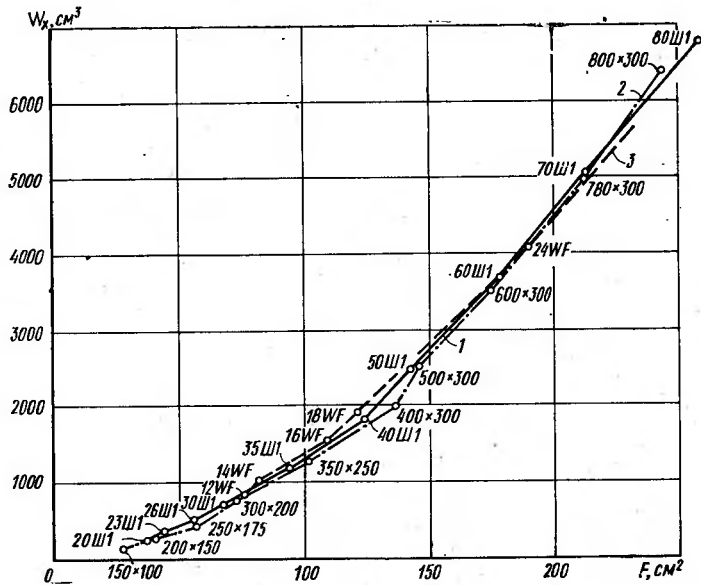


Рис. 6. График зависимости W_x — F широкополочных двутавров
1 — по ТУ 14-2-24-72; 2 — по японскому стандарту JIS G-3192; 3 — по рекомендации ИСО R657/VII (дюймовая серия)

скому промышленному стандарту, являющихся наиболее экономичными из всех зарубежных стандартных профилей. При одинаковой площади поперечного сечения F двутавры Б имеют наибольшие значения радиуса инерции i_x в плоскости наибольшей жесткости.

Широкополочные двутавры Ш предназначены для элементов, работающих главным образом на внецентренное сжатие. Поскольку соотношение влияния изгиба и сжатия может изменяться в больших пределах, сопоставим экономичность этих профилей с аналогичными профилями по зарубежным стандартам отдельно по каждому из параметров: W_x , i_x и i_y . На графиках рис. 6—8 представлены зависимости $W_x—F$, $i_x—F$ и $i_y—F$, из которых следует, что профили по отечественному сортаменту в случае работы на изгиб $W_x—F$ (рис. 6) практически не уступают по экономичности профилям лучших зарубежных стандартов. Из графиков зависимости $i_x—F$ (рис. 7)

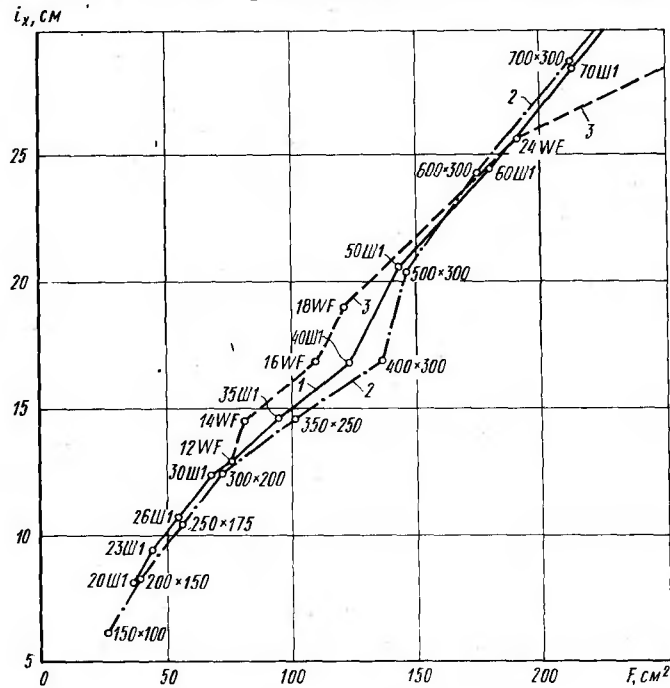


Рис. 7. График зависимости $i_x—F$ широкополочных двутавров
1 — по ТУ 14-2-24-72; 2 — по японскому стандарту JIS G-3192; 3 — по рекомендациям ИСО R657/VII (дюймовая серия)

и $i_y—F$ (рис. 8) видно, что отечественные профили несколько экономичнее двутавров по японскому стандарту. По сравнению с сортаментом ИСО R657/VII отечественные профили менее экономичны в плоскости наибольшей жесткости (i_x), но зато существенно превосходят их в плоскости $y—y$ (i_y). Причина этого, как следует из табл. 8, в соотношении ширины полок и высоты двутавров (табл. 10).

Колонные двутавры К будут применяться в основном в качестве сжатых элементов, а также во внецентренно-сжатых стержнях при малых значениях эксцентриситетов. Поэтому для оценки экономичности новых профилей достаточно сопоставить зависимости $i_x—F$ (рис. 9) и $i_y—F$ (рис. 10). Это сопоставление показывает, что двутавры К по отечественному сортаменту экономичнее двутавров по зарубежным стандартам JIS G-3192 и ИСО R657/IX. При одной и той же площади поперечного се-

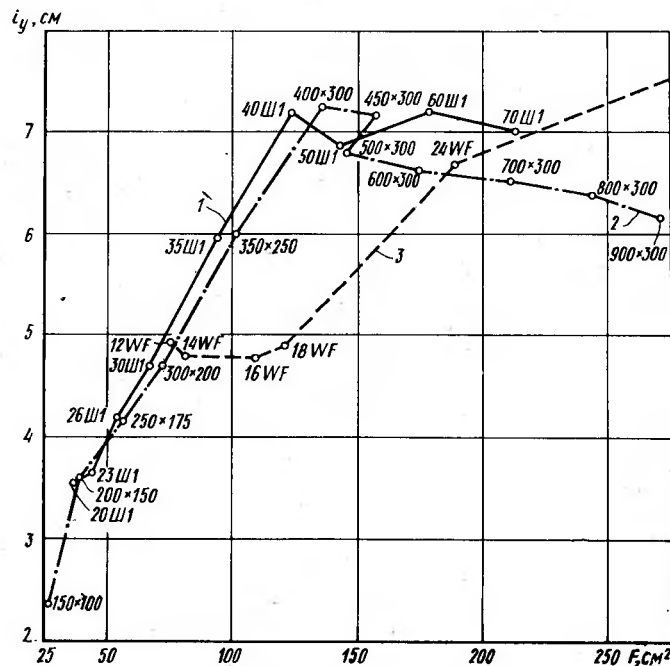


Рис. 8. График зависимости $i_y—F$ широкополочных двутавров
1 — по ТУ 14-2-24-72; 2 — по японскому стандарту JIS G-3192; 3 — по рекомендациям ИСО R657/VII (дюймовая серия)

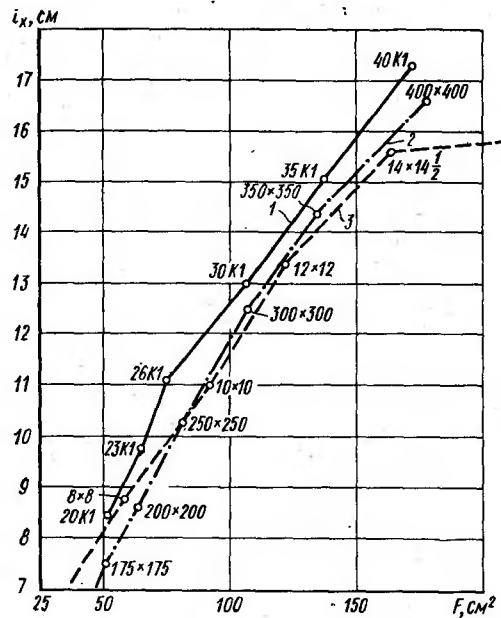


Рис. 9. График зависимости i_x-F колонных двутавров
 1 — по ТУ 14-2-24-72;
 2 — по японскому стандарту JIS G-3192;
 3 — по рекомендации ИСО R657/IX (дюймовая серия)

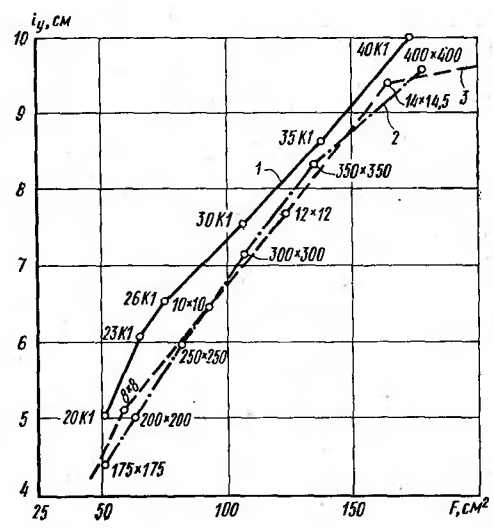


Рис. 10. График зависимости i_y-F колонных двутавров
 1 — по ТУ 14-2-24-72;
 2 — по японскому стандарту JIS G-3192;
 3 — по рекомендации ИСО R657/IX (дюймовая серия)

чения F радиусы инерции отечественных двутавров K относительно обеих главных осей имеют наибольшие значения по сравнению с аналогичными показателями сопоставляемых профилей.

Тавры ШТ, получаемые продольным роспуском пополам широкополочных двутавров Ш, сопоставлены с аналогичными таврами по японскому стандарту. Основное назначение этих тавров — пояса стропильных и подстропильных ферм. Сопоставление представлено графиком зависимости $i_x—F$ (рис. 11), из которого следует, что тавры ШТ по отечественному сортаменту экономичнее по расходу стали, чем японские стандартные тавры.

Заканчивая описание и сопоставительный анализ отечественного сортамента двутавров и тавров по ТУ14-2-24-72, можно сделать вывод, что поставляемые в первые годы эксплуатации универсального балочного стана профили по своей экономичности (расходу стали) не уступают, а в большинстве случаев даже превосходят аналогичные профили по мировым стандартам.

Таблица 10. Ширина полок b широкополочных двутавров Ш в зависимости от номинальной высоты

Номинальная высота h , мм	Ширина полок b , мм		
	по ТУ 14-2-24-72	по японскому стандарту JIS G-3192	по рекомендациям ИСО R657/VII
200	150	150	133
230	155	—	—
260(250)	180	(175)	147
300	200	200	205
350	250	250	203
400	300	300	218
500(540)	300	300	(330)
600(615)	320	300	(305)
700	320	300	—
800	340	300	—
900(920)	360	300	(423)

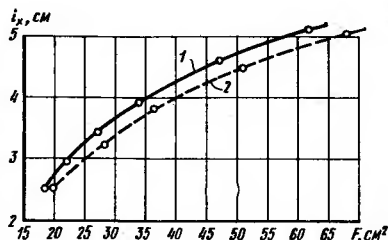


Рис. 11. График зависимости $i_x—F$ широкополочных тавров.

1 — тавры ШТ по ТУ 14-2-24-72; 2 — тавры из широкополочных двутавров по японскому стандарту JIS G-3192

5. ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОРТАМЕНТА

Сопоставления нормальных двутавров Б* по ТУ 14-2-24-72 с наиболее тонкостенными профилями фирмы «Фудзи сэйтэцу» и других японских фирм [39] приведены на графике зависимости $W_x—F$ (рис. 12). На этом же графике показаны сортаментные кривые двутавровых балок по ГОСТ 8239—72* (кривая 3) и двутавров с параллельными гранями полок IPE по европейскому сортаменту Евроном 19-57 (кривая 4). Из рассмотрения этих кривых следует, что нормальные двутавры Б* экономичнее по расходу стали, чем самые эффективные двутавры по зарубежным фирменным каталогам; они существенно экономичнее стандартных двутавровых балок по ГОСТ 8239—72* и по европейскому сортаменту Евроном 19-57 [42].

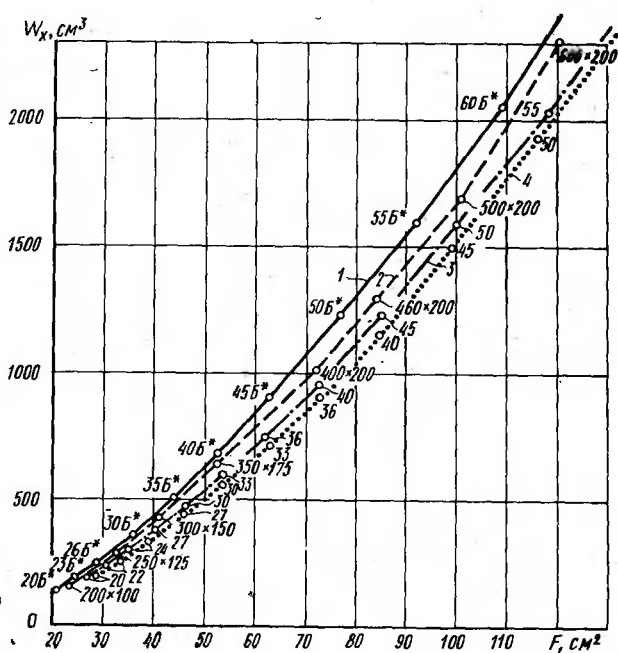


Рис. 12. График зависимости $W_x—F$ нормальных двутавров

1 — двутавров Б* по ТУ 14-2-24-72; 2 — двутавров Б фирмы «Фудзи сэйтэцу»;
3 — двутавровых балок по ГОСТ 8239—72; 4 — двутавров IPE Евроном 19-57

Рис. 13. График зависимости W_x — F широкополочных двутавров

1 — двутавров Ш* по ТУ 14-2-24-72; 2 — двутавров Ш фирмы «Фудзи сэйтэцу»

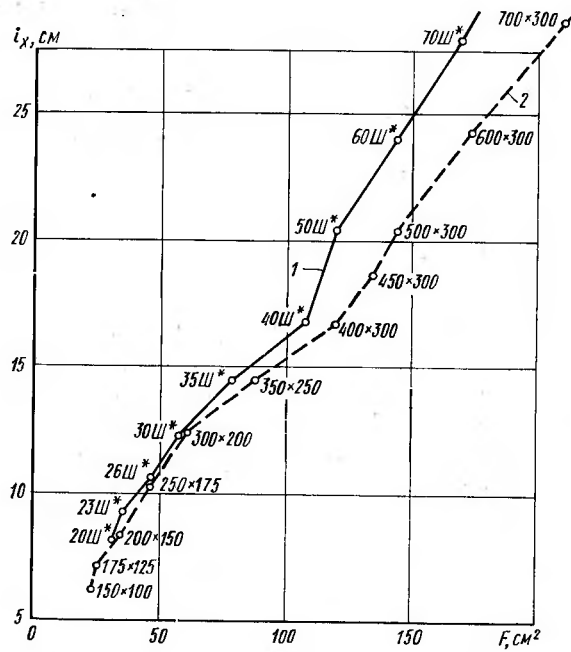
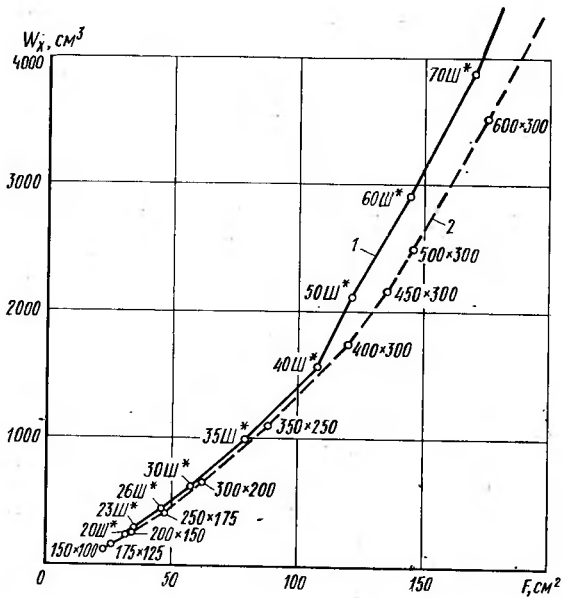


Рис. 14. График зависимости i_x — F широкополочных двутавров

1 — двутавров Ш* по ТУ 14-2-24-72; 2 — двутавров Ш фирмы «Фудзи сэйтэцу»

Попутно отметим, что прокатываемые на рельсобалочных станах двутавровые балки по ГОСТ 8239, составленному еще в 1956 г. и модернизированному в 1972 г., экономичнее в рассматриваемом диапазоне профилей от № 20 до 60 включительно, чем двутавры по сортаменту Евронорм 19-57.

Хорошие перспективы возможного совершенствования сортамента заложены также в широкополочных двутаврах Ш*. Сравнения расчетных характеристик этих профилей для случая работы на изгиб (график зависимости $W_x—F$) и на сжатие (график зависимости $i_x—F$) с наиболее экономичными двутаврами Ш по каталогу фирмы «Фудзи сэйтэцу» приведены на рис. 13 и 14. Анализируя эти графики, видим, что отечественные двутавры Ш* экономичнее по расходу стали, особенно начиная с двутавра 40Ш*.

Аналогичную закономерность можно отметить, рассматривая кривую зависимости $i_x—F$ (рис. 15) для колонных двутавров. Кривая двутавров К* расположена выше кривой двутавров К фирмы «Фудзи сэйтэцу». Это значит, что при данной площади поперечного сечения двутавры К* имеют ббльшие значения расчетных харак-

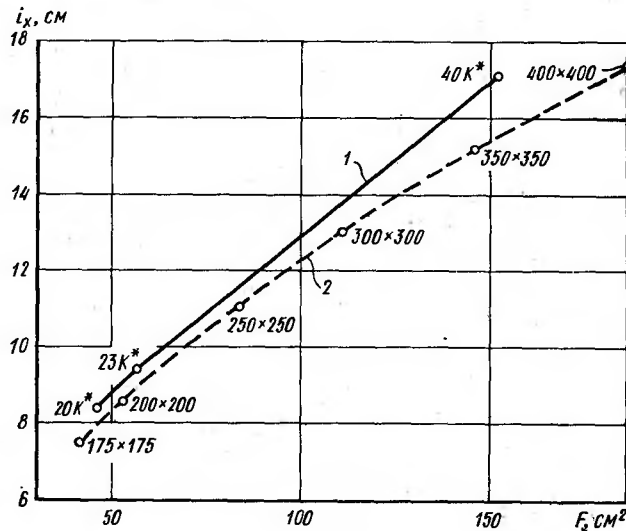


Рис. 15. График зависимости $i_x—F$ колонных двутавров
1 — двутавров К* по ТУ 14-2-24-72; 2 — двутавров К фирмы «Фудзи сэйтэцу»

теристик радиусов инерции, что свидетельствует об их большей экономичности по расходу стали.

Таким образом, параметры включенных в сортаменты перспективных профилей Б*, Ш* и К* будут основой возможного совершенствования отечественного сортамента двутавров и тавров с параллельными гранями полков после окончания периода пусконаладочных работ и освоения нового оборудования.

6. КОНСТРУКТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Полки двутавров имеют параллельные грани, что определяется технологией прокатки профилей на универсальном стане, схема которого приведена на рис. 16. Благодаря возможности простой раздвижки валков на стане можно прокатывать серийные профили, т.е. одноименные профили одной и той же номинальной высоты, но отличающиеся толщиной стенок и полков. Это позволяет потребителю по согласованию с заводом-изготовителем заказывать профили, имеющие большую толщину стенок и полков, чем предусмотренные сортаментами по ТУ 14-2-24-72. При этом следует иметь в виду, что у всех серийных профилей данной номинальной высоты расстояние между внутренними гранями полков h_v и радиусы закругления r (см. рис. 2) имеют постоянный размер. В ТУ 14-2-24-72 принято, что двутавры Ш и К одной номинальной высоты имеют одинаковый размер h_v , который на 8—20 мм меньше, чем у двутавров Б той же номинальной высоты. Это сделано с целью более рационального использования комплектов валков.

В первые годы эксплуатации универсального балочного стана профили для стальных конструкций будут поставяться из стали классов С38/23 и С46/33.

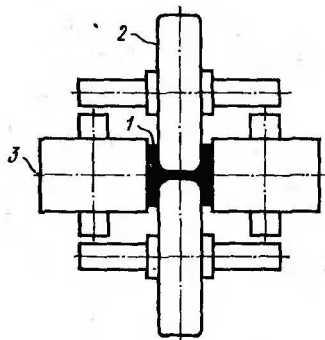


Рис. 16. Схема прокатки двутавров на универсальном балочном стане

1 — прокатываемый профиль; 2 — пара горизонтальных валков; 3 — пара вертикальных валков

Свесы полок для двутавров Б и Ш, рассчитываемых на изгиб по упругой или пластической стадии работы, а также свесы полок всех двутавров Б, Ш и К и тавров БТ, ШТ и КТ, используемых в качестве центрально- или внецентренно-сжатых элементов, не превышают пределов, допускаемых СНиП II-V.3-72 (см. табл. 3, 4):

$$b'_0 = \frac{b - (2r + s)}{2t} \quad (4)$$

(обозначения — по рис. 2 и 3).

Гибкость стенок всех двутавров¹ Б и Ш, используемых в качестве изгибаемых элементов без ребер жесткости и рассчитываемых по упругой или пластической стадии работы материала, не превышает пределов, допускаемых СНиП II-V.3-72 (см. табл. 2):

$$c = \frac{h - 2(t + r)}{s} \quad (5)$$

(обозначения — по рис. 2).

Гибкость стенок, определяемая формулой (5), всех двутавров К, используемых в качестве центрально- и внецентренно-сжатых элементов, не превышает пределов, допускаемых СНиП II-V.3-72 (см. табл. 2).

Гибкость стенок двутавров Б и Ш, используемых в качестве центрально- и внецентренно-сжатых элементов, следует проверять по указаниям пп. 6.10, 6.11, 6.13 СНиП II-V.3-72.

Свес стенок тавров БТ, ШТ и КТ, используемых в качестве центрально- или внецентренно-сжатых элементов, следует проверять по указаниям п. 6.14 СНиП II-V.3-72:

$$c_T = \frac{h - (t + r)}{s} \quad (6)$$

(обозначения — на рис. 3).

ГЛАВА II. КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРАНЯМИ ПОЛОК

1. ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ

В зарубежной практике двутавры и тавры с параллельными гранями полок применяются очень широко в

¹ Исключенне составляет двутавр 100Б* из стали класса С46/33, рассчитываемый по пластической стадии работы при статической нагрузке или рассчитываемый по упругой стадии работы при подвижной нагрузке.

различных областях строительства: в каркасах многоэтажных зданий, элементах конструкций одноэтажных производственных зданий, легких каркасах складских и других вспомогательных и конторских зданий, в конструкциях пристаней, причалов и береговых укреплений, опорах галерей и конструкциях автодорожных эстакад, пролетных строениях мостов малых и больших пролетов, в качестве свай и шпунтовых рядов многоэтажных зданий, производственных цехов, мостов, в гидротехнических сооружениях и др. Эти профили применяются также в больших объемах в машиностроении, в конструкциях судов, вагонов и платформ.

Зарубежные фирмы поставляют двутавры и тавры не только в обширном ассортименте по профилеразмерам, но и из самых разнообразных марок стали. В качестве примера приведем данные японских фирм [39], из которых следует, что двутавры и тавры изготавливаются из различных марок углеродистых и низколегированных сталей, в том числе из атмосферостойких сталей, в частности типа *sof-ten*, а также из высокопрочной хорошо свариваемой стали типа *wel-ten*. Гарантируемые механические свойства профилей имеют следующие показатели:

конструкционная прокатная сталь общего назначения по стандарту JIS G-3101: предел текучести до 400 МПа при толщинах до 40 мм, предел прочности не менее 550 МПа;

атмосферостойкая горячекатаная сталь для сварных конструкций по стандарту JIS G-3114: предел текучести 470 МПа при толщине до 16 мм и не менее 440 МПа при толщине более 40 мм, предел прочности 580—730 МПа.

Отечественные профили по ТУ 14-2-24-72 в первые годы эксплуатации универсального балочного стана будут изготавливаться из сталей класса С38/23 (марки ВСт3 всех категорий) и класса С46/33 (марок 14Г2, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 15ХСНД). В последующие годы намечается поставка профилей в термоупрочненном состоянии [27]. Рекомендуемые области рационального использования двутавров и тавров приведены в табл. 11 и 12.

По статистическим данным за последние 2—3 года стальные конструкции производственных зданий составляют 65—70% общей массы всех строительных метал-

**Таблица 11. Перечень строительных стальных конструкций,
в элементах которых рационально использование двутавров
с параллельными гранями полок**

Конструкции	Элемент конструкций	Рекомендуе- мые двутавры
Колонны сплошного постоянного сечения крайних и средних рядов без проходов вдоль подкрановых путей	Стержни колонн и подкрановые консоли	Ш
Колонны ступенчатые крайних и средних рядов с проходами и без проходов вдоль подкрановых путей	Ветви подкрановых частей	Б
	Надкрановая часть	Ш
	Подкрановая траверса	Ш
Колонны сплошные и сквозные ¹ постоянного сечения, а также колонны составного сечения постоянной ширины для крайних и средних рядов в зданиях без кранов и с подвесными кранами	Стержни колонн	Ш
Стойки фахверков сплошные и сквозные	Стержни стоек	Б, Ш или К
Колонны многоэтажных зданий, стойки рабочих площадок	Стержни колонн и стоек	К
Балки сплошные и сквозные перекрытий и рабочих площадок	Балки	Б
Подкрановые балки с усиленным верхним поясом без ребер жесткости под легкие краны	»	Б
Опорные стойки ферм крайних и средних рядов	Стержни стоек	Б или Ш
Подстропильные фермы	То же	Б или Ш
Сквозные стропильные балки и ригели рам	Балки и ригели	Б или Ш
Сквозные прогоны пролетом 12 м под легкую кровлю	Прогоны	Б
Отапливаемые и неотапливаемые транспортные галереи	Балки покрытий и пола; ветви решетчатых опор	Б или Ш
Отдельно стоящие опоры и опоры эстакад технологических трубопроводов	Ветви опор и стержни стоек	Ш или К
Стальные пролетные строения автодорожных и железнодорожных мостов	Элементы главных ферм, связей, проезжей части	Б, Ш или К
Облегченные висячие мосты малых габаритов	Главные балки сплошного и сквозного сечения	Б или Ш
Сталежелезобетонные пролетные строения автодорожных мостов малых пролетов	Поперечные балки	Б
	Стойки пилонов	Б, Ш или К
	Главные балки	Б

¹ Сквозные двутавры см. п. 5.

Таблица 12. Перечень строительных стальных конструкций, в элементах которых рационально использование тавров с параллельными гранями полок

Конструкция	Элемент конструкции	Рекомендуемые тавры
Стропильные и подстропильные фермы под легкую и тяжелую кровлю Сварные подкрановые балки	Пояса ферм	ШТ или КТ (в отдельных случаях)
	Верхний пояс Нижний пояс Ребра жесткости	КТ БТ или КТ БТ
Стальные настилы рабочих площадок и другие настилы, обшивки (стенки) бункеров Фермы пролетных строений транспортных галерей Неотапливаемые галереи с самонесущими асбестоцементными оболочками	Пояса ферм	ШТ
	Элементы пола	ШТ
Пролетные строения одноэтажных и двухэтажных эстакад технологических трубопроводов	Пояса ферм пролетных строений	БТ, ШТ или КТ

локонструкций, в которых рационально применение двутавров и тавров с параллельными гранями полок. К этим конструкциям относятся: колонны, подкрановые балки, конструкции покрытий, перекрытий, площадок.

Ниже изложены особенности элементов стальных конструкций производственных зданий с использованием двутавров и тавров.

2. КОЛОННЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Колонны одноэтажных производственных зданий без кранов или с подвесным подъемно-транспортным оборудованием в зависимости от высоты (т. е. расстояния от пола до низа конструкций покрытия) применяются двух типов:

из одного двутавра типа Ш [32] для зданий высотой до 8,4 м (рис. 17);

из двух двутавров типа Б, соединенных «планками» из швеллеров (рис. 18), для зданий высотой 9,6—18 м.

Колонны одноэтажных крановых зданий [30, 32] применяются двух типов:

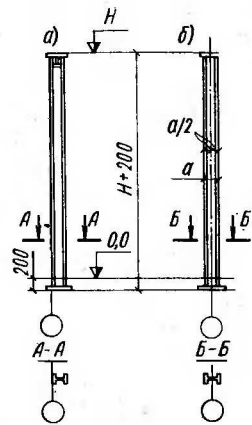


Рис. 17. Колонны из одного двутавра для бескрановых зданий
а — крайнего ряда; б — среднего ряда

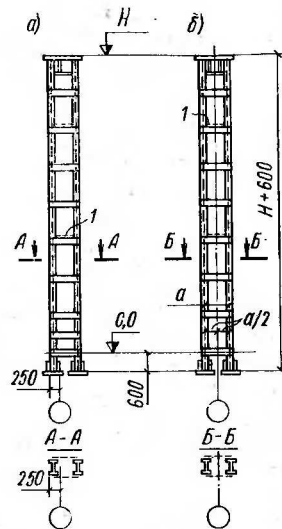
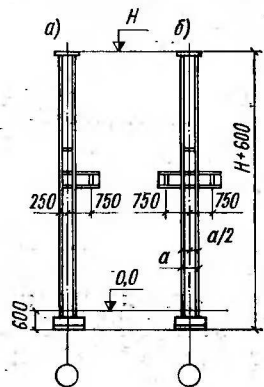


Рис. 18. Колонны из двух двутавров для бескрановых зданий
а — крайнего ряда; б — среднего ряда; 1 — диафрагма

постоянного сечения из одного двутавра типа Ш для зданий высотой до 9,6 м при кранах грузоподъемностью до 20 т включительно и при отсутствии проходов вдоль подкрановых путей (рис. 19);



ступенчатого типа с нижней (подкрановой) решетчатой частью, обе ветви которой крайних и средних рядов выполняются из двутавров типа Б, связанных решеткой из уголков, и верхней (надкрановой) частью из одного двутавра типа Ш (рис. 20 и 21).

Колонны крайних рядов перечисленных выше типов для бес-

Рис. 19. Колонны из одного двутавра для крановых зданий без проходов вдоль подкрановых путей

а — крайнего ряда; б — среднего ряда

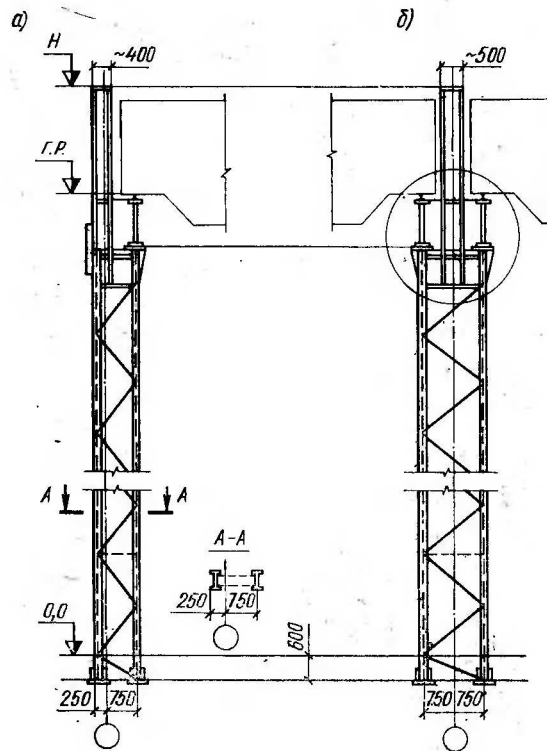


Рис. 20. Колонны ступенчатого типа для крановых зданий без проходов вдоль подкрановых путей

a — крайнего ряда; *б* — среднего ряда

крановых и крановых зданий имеют следующие привязки к разбивочным осям:

в бескрановых зданиях высотой до 8,4 м — нулевая привязка (см. рис. 17, *a*);

в бескрановых зданиях высотой 9,6—18 м, где рекомендуются колонны из двух двутавров, привязка (расстояние от разбивочной оси до наружного пера наружной ветви колонны) 250 мм (см. рис. 18, *a*); благодаря этому увеличивается зона возможного обслуживания подвесными кранами в крайних пролетах и сохраняется унифицированное крепление опорных стоек типовых конструкций покрытия;

в крановых зданиях с колоннами постоянного сечения и с колоннами ступенчатого типа при кранах грузоподъемностью до 50 т — привязка 250 мм (см. рис. 19, *a*; 20, *a*; 21, *a*).

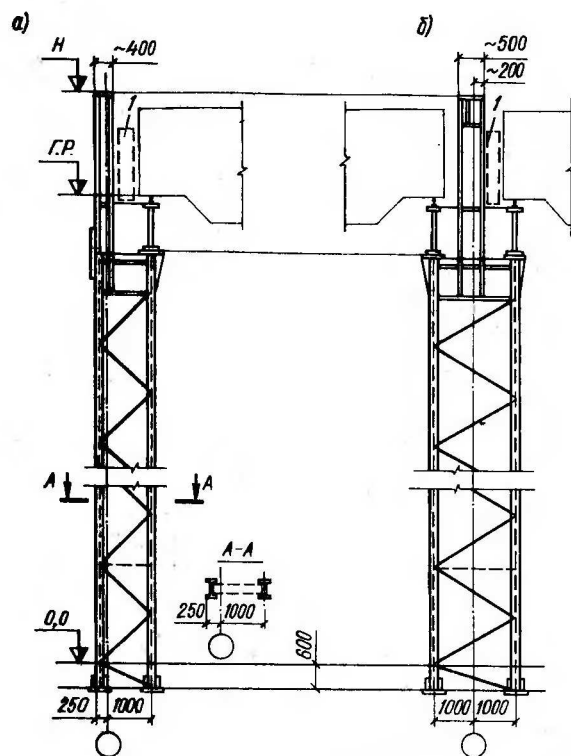


Рис. 21. Колонны ступенчатого типа для крановых зданий с проходами, вдоль подкрановых путей

a — крайнего ряда; *б* — среднего ряда; *г* — проход

Для возможности размещения проходов вдоль подкрановых путей вне тела верхней части колонны ширина ее должна быть порядка 400 мм по крайнему ряду (рис. 21, *a*) и около 600 мм по среднему ряду колонн. При этом верхняя часть колонны среднего ряда располагается асимметрично относительно разбивочной оси для создания прохода по одну сторону колонны (рис. 21, *б*).

Стержни колонн постоянной ширины, ветви и надкрановую часть решетчатых колонн, подкрановые консоли и траверсы, опорные плиты рекомендуется выполнять, как правило, из стали класса С46/33; решетку, соединительные планки и другие детали — в основном из стали класса С38/23.

Базы колонн с применением двутавров с параллельными гранями полок выполняются, как и при традиционных конструктивных решениях, с опиранием на заранее установленные, выверенные и подлитые опорные плиты.

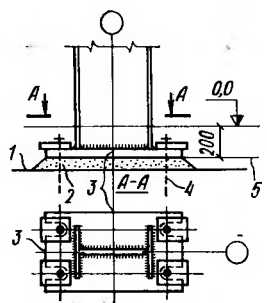


Рис. 22. База колонны бескранового здания

1 — верх фундамента; 2 — подливка цементным раствором; 3 — установочная планка; 4 — анкерный болт; 5 — фрезерованная опорная поверхность колонны

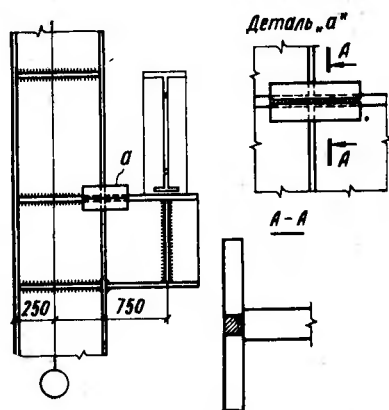


Рис. 23. Узел опирания подкрановой балки на колонну постоянного сечения (из одного двутавра)

Исключение составляют колонны легких зданий без мостовых кранов или с подвесными кранами. Для них опорная плита является собственно базой колонны (рис. 22).

В легких зданиях с кранами грузоподъемностью до 20 т и без проходов вдоль подкрановых путей подкрановые балки опираются на консоли, выполняемые обычно из того же двутавра, что и стержень колонн (рис. 23). Для того чтобы предотвратить опасное влияние возможного расслоения полок стержня колонны, в растянутой зоне подкрановой консоли рекомендуется при больших толщинах полок устанавливать дополнительные детали (деталь *а* на рис. 23). Размеры этих деталей и швы их прикрепления должны быть приняты из условия восприятия полного усилия, возникающего в растянутой полке консоли.

Сопряжение надкрановой части с подкрановой частью колонн ступенчатого типа совмещается с монтажным (укрупнительным) стыком колонны. Универсальным решением этого узла является использование сварной составной траверсы, вертикальный лист которой имеет фрезерованную поверхность (рис. 24 и 25). Верхняя горизонтальная диафрагма (сечение *В—В*, рис. 24) для удобства организации стыка опускается примерно на 200 мм. Для сборки колонн крайнего ряда в стыковой накладке, приваренной к подкрановой части

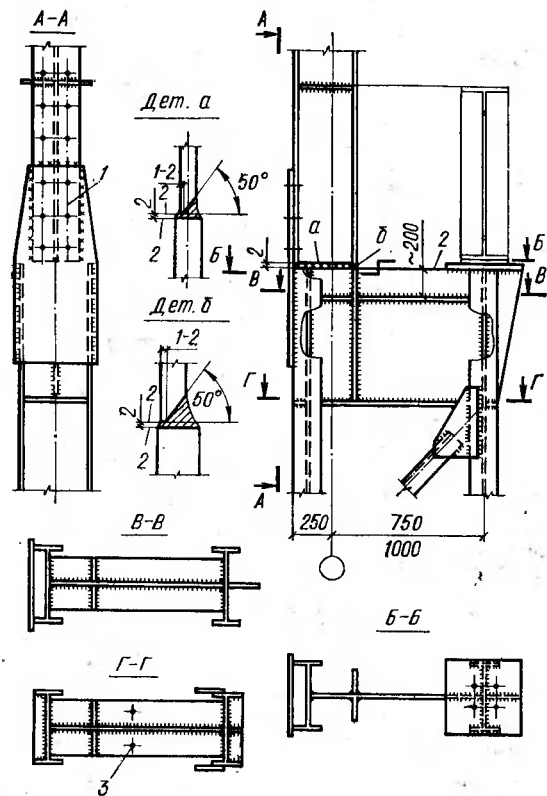


Рис. 24. Сопряжение надкрановой и подкрановой частей ступенчатой колонны крайнего ряда

1 — отверстия для сборки монтажного (укрупнительного) стыка, сверленные по кондуктору; 2 — фрезерованные поверхности; 3 — отверстия для крепления монтажных расчалок

колонн и к полке двутавра надкрановой части, предусмотрены отверстия для болтов, которые просверливаются по кондукторам (рис. 24). Для сборки колонн среднего ряда предусмотрен специальный съемный шаблон (рис. 25) с просверленными по кондукторам отверстиями для сборочных болтов. В стенке двутавра надкрановой части и вертикальном листе траверсы также просверлены отверстия по кондукторам. Верхние торцы вертикальных ребер и торцы двутавров надкрановых частей должны иметь фрезерованные поверхности (детали *a* и *б* на рис. 24 и 25). Возможен также вариант сопряжения надкрановой части колонн с подкрановой частью при помощи траверсы из двутавра III высотой 600—1000 мм (рис. 26 и 27). При реализации этого варианта в чертежах КМ и КМД должно быть сделано указание

о необходимости тщательной проверки качества каждой траверсы, чтобы исключить расслой в полках двутавров. Сборка и сварка монтажного стыка колонн крайнего ряда (рис. 26) производится аналогично варианту со сварной траверсой. Для сборки колонн среднего ряда используются съемные шаблоны из уголков (деталь *в* на рис. 27), в которых отверстия просверлены для сборочных болтов по кондукторам. В полках надкрановой части и в верхней полке траверсы также просверливаются отверстия по кондукторам. Торцы надкрановых частей и ветвей подкрановых частей, а также верхние торцы ребер *б* (рис. 26 и 27) должны иметь фрезерованные поверхности. Если напряжения в нижнем сечении надкрановой части колонны крайнего ряда достигают расчетного сопротивления, следует полки наружной

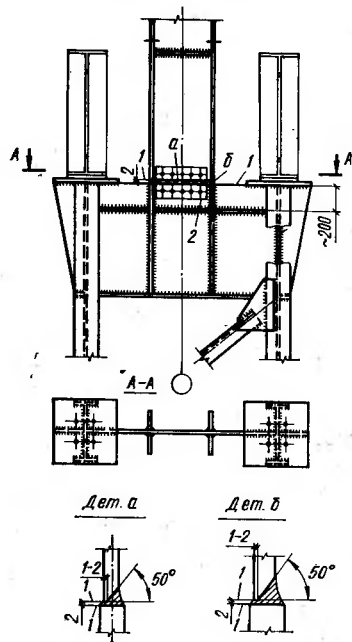


Рис. 25. Сопряжение надкрановой и подкрановой частей ступенчатой колонны среднего ряда

1 — фрезерованные поверхности;
2 — шаблон для сборки монтажного (укрупнительного) стыка

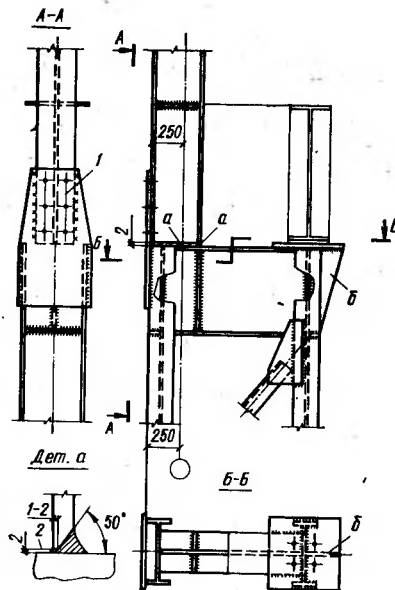


Рис. 26. Вариант сопряжения надкрановой и подкрановой частей ступенчатой колонны крайнего ряда с траверсой из двутавра III

1 — отверстия для сборки монтажного (укрупнительного) стыка, сверленные по кондуктору; 2 — фрезерованный торец колонны

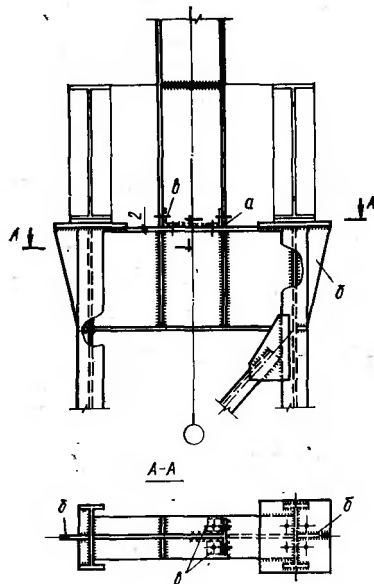


Рис. 27. Вариант сопряжения надкрановой и подкрановой частей ступенчатой колонны среднего ряда с траверсой из двутавра III (деталь «а» на рис. 26)

a — съемный шаблон из уголка для сборки монтажного (укрупнительного) стыка

ветви подкрановой части колонны (см. рис. 24, 26) раскрепить вблизи стыка частей колонны дополнительным горизонтальным ребром.

Решения оголовков колонн имеют различные конструктивные особенности. Приведенные ниже предложения по конструктивному оформлению оголовков разработаны применительно к типовым конструкциям покрытий, предусматривающим шарнирное сопряжение ферм с колоннами.

В бескрановых зданиях и в зданиях с подвесным подъемно-транспортным оборудованием с нулевой при-

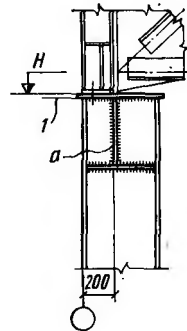


Рис. 28. Оголовок колонны крайнего ряда бескранового здания при нулевой привязке

1 — фрезерованная поверхность

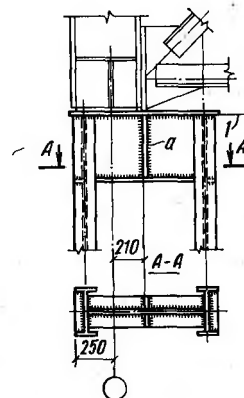


Рис. 29. Оголовок колонны крайнего ряда бескранового здания

1 — фрезерованная поверхность

вязкой колонн крайних рядов конструкция оголовка колонны решается по типу, показанному на рис. 28. Торец колонны фрезерованный. В бескрановых зданиях с колоннами из двух двутавров (см. рис. 18) конструкция оголовка колонн крайнего ряда решается, как показано на рис. 29. Ребра a (рис. 28 и 29) и их прикрепление должны быть рассчитаны на восприятие опорного давления стропильной фермы. Для колонн средних рядов таких зданий конструкция оголовка решается аналогично.

Оголовок колонн крайнего ряда крановых зданий (рис. 30) приходится уширять за счет приварки детали a к внутренней полке двутавра надкрановой части колонны, поскольку ширина опорной стойки типовой стропильной фермы ~ 450 мм, а номинальная ширина (высота профиля) двутавра колонны 400 мм. Для колонн средних рядов крановых зданий, не имеющих проходов вдоль подкрановых путей, надкрановая часть колонны выполняется из двутавра III номинальной высотой 500 мм и в этом случае нет нужды в дополнительных вертикальных ребрах в оголовке (рис. 31). Оголовки колонн крановых зданий с проходами вдоль подкрановых путей имеют дополнительные вертикальные ребра a (рис. 32), располагаемые под опорными ребрами стропильной фермы. Если на оголовок колонны опираются также подстропильные фермы, следует проверить местные напряжения в стенке оголовка. В случае необходимости стенку следует усилить приваркой деталей b (рис. 31 и 32). Во всех оголовках колонн торцы верхушек и деталей a и b должны быть фрезерованными.

Планки безраскосных колонн высоких бескрановых зданий (см. рис. 18) рекомендуется для повышения жесткости планок и колонн выполнять из швеллеров (рис. 33). При этом получается также наиболее простое решение диафрагм (деталь a , рис. 33). Приведенную гибкость колонн ($\lambda_{пр}$) согласно п. 4.5 СНиП II-V.3-72, когда отношение погонных жесткостей планки и ветви менее 5, можно определять по формуле, предложенной М. Я. Лаутом:

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0,83\lambda_1^2(1 + 2k)}, \quad (7)$$

где $k = i_1/i_{пл}$; $i_1, i_{пл}$ — погонная жесткость соответственно ветви и планки; остальные обозначения по п. 4.5 СНиП II-V.3-72.

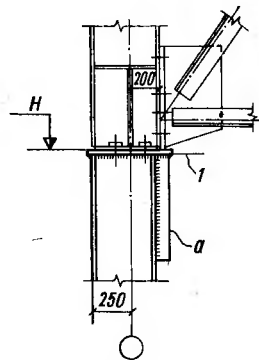


Рис. 30. Оголовок колонны крайнего ряда кранового здания

1 — фрезерованная поверхность

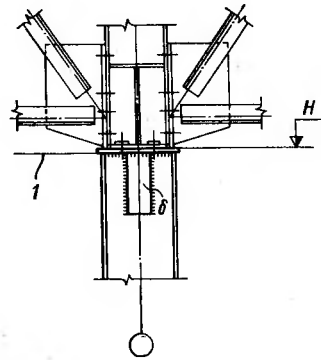


Рис. 31. Оголовок колонны среднего ряда кранового здания при отсутствии проходов вдоль подкрановых путей

1 — фрезерованная поверхность

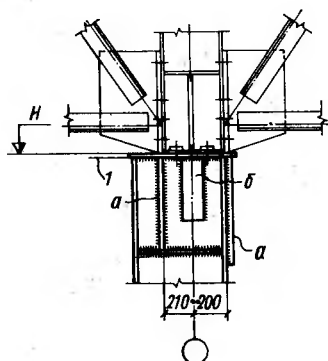


Рис. 32. Оголовок колонны среднего ряда кранового здания с проходами вдоль подкрановых путей

1 — фрезерованная поверхность

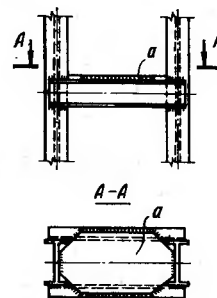


Рис. 33. Деталь безраскосной колонны бескранового здания

а — диафрагма

В подкрановых частях ступенчатых колонн крановых зданий (см. рис. 20 и 21) решетка выполняется из уголков по треугольной схеме. Раскосы решетки рекомендуются приваривать непосредственно к внутренней грани полок ветвей (рис. 34, а). При больших размерах раскосов и невозможности их размещения на полках двутавровых ветвей применяют узловые фасонки (рис. 34, б).

Рис. 34. Детали решетки подкрановой части ступенчатой колонны

a — крепление раскосов решетки без фасонки; *б* — то же, на фасонках

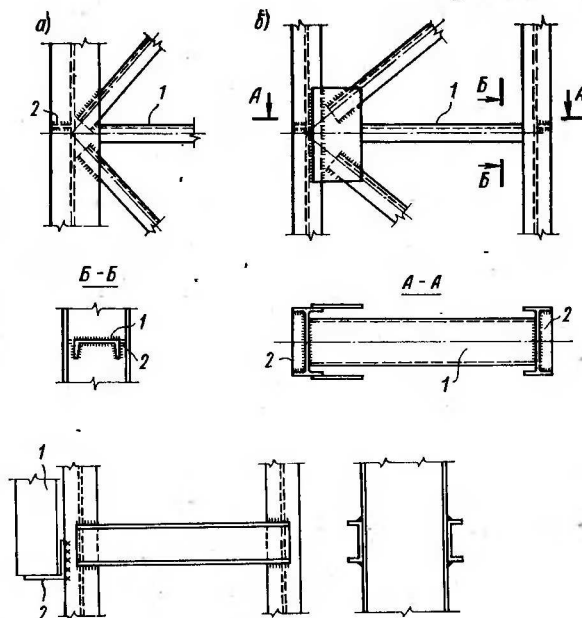


Рис. 35. Крепление деталей опирания тяжелых стеновых панелей к подкрановой части ступенчатой колонны крайнего ряда

1 — стеновая панель; 2 — опорная консоль

Диафрагмы в этих колоннах рекомендуется выполнять из швеллеров, расположенных плашмя и привариваемых только к стенкам двутавровых ветвей, и из ребер, привариваемых к полкам и стенкам двутавров (детали 1 и 2, рис. 34).

В узлах крепления опорных столиков, несущих тяжелые (железобетонные) стеновые панели, рекомендуется устанавливать парные швеллеры (рис. 35) во избежание значительных изгибных напряжений в наружной ветви колонны.

3. ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ

Наиболее рациональным сечением сварной подкрановой балки является двутавр с поясами из тавров со стенкой-вставкой из полосы [30, 32]. Такие сечения применяются двух типов: симметричного и асимметричного (рис. 36). Для подкрановых балок пролетом 12 м устанавливаются тормозные фермы, благодаря чему допол-

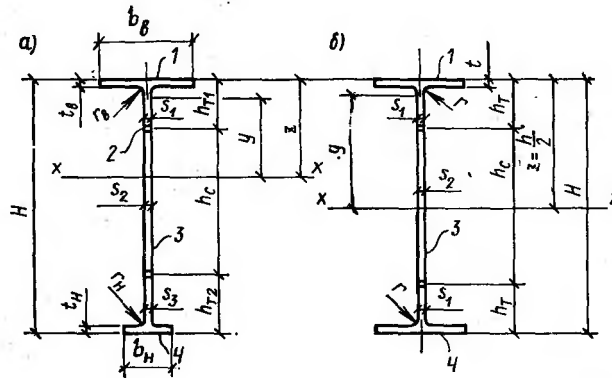


Рис. 36. Типы поперечных сечений подкрановых балок

a — асимметричное с развитым верхним поясом; *б* — симметричное; 1 — верхний пояс из тавра КТ; 2 — шов встык; 3 — стенка — вставка из полосы; 4 — нижний пояс из тавра КТ или БТ

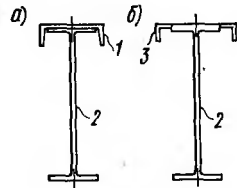


Рис. 37. Типы поперечных сечений подкрановых балок

1 — швеллер; 2 — нормальный двутавр; 3 — уголки

нительные напряжения в верхнем поясе подкрановой балки от тормозных и боковых воздействий кранов невелики. В связи с этим подкрановые балки пролетом 12 м применяют обычно симметричного сечения (рис. 36, б). Такое решение является также наиболее технологичным. При пролетах 6 м усилия от торможения и боковых воздействий воспринимаются непосредственно верхним поясом подкрановой балки из-за отсутствия специальных тормозных устройств. В этом случае наиболее рационально применение асимметричного сечения с развитым верхним поясом (рис. 36, а).

В зарубежной практике [15] применяются подкрановые балки из нормальных двутавров Б, верхний пояс которых усилен швеллером (рис. 37, а). Возможно также усиление верхнего пояса двумя уголками (рис. 37, б). Оба эти варианта наименее трудоемки в изготовлении, но по расходу стали неэкономичны.

Для поясов балок симметричного сечения, а также для верхнего пояса асимметричного двутавра (см. рис.

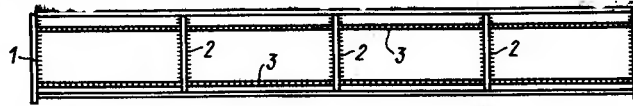


Рис. 38. Пример подкрановой балки пролетом 6 м
1 — опорное ребро; 2 — ребра жесткости; 3 — швы встык

36) применяются колонные тавры КТ. Для нижнего пояса асимметричного двутавра применяются либо колонные тавры КТ, либо нормальные тавры БТ. Последние можно использовать только при ширине полки не менее 200 мм, т. е. не менее тавра 25БТ1. Минимальная ширина верхнего пояса подкрановых балок 260 мм при применении железнодорожных рельсов типа Р43, а при применении крановых рельсов типа КР в зданиях с проходами вдоль подкрановых путей — 400 мм; при отсутствии проходов — 350 мм.

Сварные подкрановые балки с поясами из тавров по расходу стали практически не отличаются от балок, сваренных из трех листов. В подкрановых балках из трех листов наиболее часто повреждаемыми местами являются верхние поясные швы и примыкающие к ним участки стенки. Балки с поясами из тавров, в которых сварные швы удалены от самой напряженной зоны, лишены этого недостатка, благодаря чему они более надежны и долговечны, чем сварные балки из трех листов.

Сечения подкрановых балок могут быть скомпонованы либо из стали одной марки класса С38/23 или С46/33, либо из стали двух марок: пояса — из стали класса С46/33, а стенка-вставка — из стали класса С38/23. Общая компоновка подкрановой балки с поясами из тавров (рис. 38) практически не отличается от сварных балок из трех листов. Для удобства крепления ребер

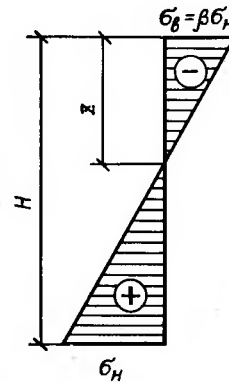


Рис. 39. Эпюра нормальных напряжений в сечении асимметричного двутавра от воздействия вертикальных нагрузок (H, z — по рис. 36, а)

жесткости прямоугольной формы (без вырезов) рекомендуется компоновать сечения балок так, чтобы разность в толщинах стенок тавров и стенки-вставки была не более 2—3 мм. При блочном монтаже подкрановых конструкций (подкрановые балки с тормозными фермами или настилом и со связями) рекомендуется крепить решетку тормозных ферм или тормозной настил к нижней грани верхней полки балки без дополнительных фасонки. Это позволяет более свободно крепить крановые рельсы к верхнему поясу и производить их рихтовку, а также несколько уменьшить минимально необходимую ширину верхнего пояса.

При предварительной компоновке асимметричного двутавра можно воспользоваться рекомендациями из работы [8]. По расчетному изгибающему моменту от вертикальных нагрузок (M_p) определяют требуемый момент сопротивления для нижнего волокна двутавра $W_n = M_p/R$. Затем задаются отношением высоты балки к толщине стенки ($c=h/s$), которое обычно принимается в пределах 80—120, и определяют минимально необходимую площадь поперечного сечения двутавра

$$F_T = \frac{1,04}{\beta} \sqrt[3]{\frac{(1+\beta)^4 W_n^2}{c}}, \quad (8)$$

Т а б л и ц а 13. Ориентировочные значения коэффициента β

Грузоподъемность кранов, т	5—10	12,5—20	30	50
Коэффициент β	0,8—0,75	0,75—0,7	0,65—0,62	0,6

Т а б л и ц а 14. Значения геометрических параметров в формулах проверки устойчивости стенок

СНияП II-В.3-72		Рекомендуется принимать (обозначения на рис. 36)
№ формулы	обозначение параметра	
12, 34, 36, 38, 39	δ	s_1
34, 39	h_0	$2y$
35	δ	$h_{CT} \delta: H$ ($h_{CT} \delta$ по формуле 10)
35	d	$H - (t_B + r_B + t_H + r_H)$
36	h_0	H

где β — коэффициент асимметрии сечения, равный отношению $\sigma_{\text{в}}/\sigma_{\text{н}}$ (см. рис. 39) и определяемый по табл. 13.

Полученную площадь F_{T} распределяют между полками ($F_{\text{в}}$ и $F_{\text{н}}$) верхнего и нижнего поясов и стенкой ($F_{\text{с}}$) по формуле:

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{в}} &= \frac{1}{(1 + \beta)^2} F_{\text{T}}; \quad F_{\text{н}} = \frac{\beta^2}{(1 + \beta)^2} F_{\text{T}}; \\ F_{\text{с}} &= \frac{2\beta}{(1 + \beta)^2} F_{\text{T}}, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где $F_{\text{в}} = b_{\text{в}} t_{\text{в}}$; $F_{\text{н}} = b_{\text{н}} t_{\text{н}}$ (см. рис. 36, а).

После этого проводят детальный расчет балки в соответствии с требованиями СНиП II-V.3-72 и устанавливают окончательное сечение балки.

Проверку устойчивости стенок выполняют в соответствии с указаниями пп. 6.2, 6.4, 6.5, 6.7 СНиП II-V.3-72 с учетом приведенных ниже рекомендаций.

При определении согласно требованиям п. 6.2 напряжений σ и τ значения y , $h_{\text{сT}}$, δ принимаются равными (см. рис. 36):

$$\left. \begin{aligned} y &= z - (t_{\text{в}} + r_{\text{в}}); \\ h_{\text{сT}} \delta &= h_{\text{T1}} s_1 + h_{\text{с}} s_2 + h_{\text{T2}} s_3 \text{ (рис. 36, а);} \\ h_{\text{сT}} \delta &= 2h_{\text{T}} s_1 + h_{\text{с}} s_2 \text{ (рис. 36, б).} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Значения $\sigma_{\text{м}}$, σ_0 , τ_0 , γ , $\sigma_{\text{м0}}$ определяются с учетом данных табл. 14.

Подкрановые балки пролетом 6 м под краны грузоподъемностью до 20 т включительно рекомендуется компоновать без промежуточных ребер жесткости (см. 2 на рис. 38) при условии, что $y/s \leq 35\sqrt{210/R}$ (R в МПа). Проверка устойчивости стенки выполняется согласно приведенным выше рекомендациям.

4. СТРОПИЛЬНЫЕ И ПОДСТРОПИЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

Весьма обширной и рациональной областью применения тавров с параллельными гранями полок являются стропильные и подстропильные фермы. Эти конструкции применяются в США [15], Англии [36] и в других странах.

Рекомендуются следующие сечения элементов ферм: для поясов стропильных и подстропильных ферм — широкополочные тавры ШТ (применяемые в одной ферме тавры одинаковой номинальной высоты должны отличаться по толщине полок не менее чем на 2 мм);

для опорных стоек стропильных ферм — нормальные двутавры Б;

для промежуточных стоек подстропильных ферм — широкополочные двутавры Ш (как правило, I 35Ш);

для решетки ферм — горячекатаные или холодногнутые уголки, а также нормальные или широкополочные тавры БТ или ШТ.

Простейшим решением является использование типовой схемы ферм (рис. 40, а) с решеткой из парных уголков.

Для поясов стропильных и подстропильных ферм и для узловых фасонок рекомендуется, как правило, сталь класса С46/33; для остальных элементов — сталь класса С38/23 или С46/33.

Опытная партия ферм пролетом 24 и 30 м с поясами из тавров типа ШТ и КТ была применена в реальных объектах. Экспериментальные исследования отдельных

экземпляров ферм из опытной партии подтвердили высокую несущую способность этих конструкций (см. гл. III).

Сравнение стропильных ферм, имеющих пояса из тавров и решетку из парных уголков, с типовыми стропильными фермами, выполненными целиком из уголков [30, 32], показывает, что по массе фермы с поясами из тавров на 12—15% легче типовых ферм. Снижение массы достигается главным образом существенно уменьшению размеров узловых фасонок, а также вследствие несколько большей экономичности верхнего пояса из тавра в сравнении с поясом из уголков. Сказывается также отсутствие

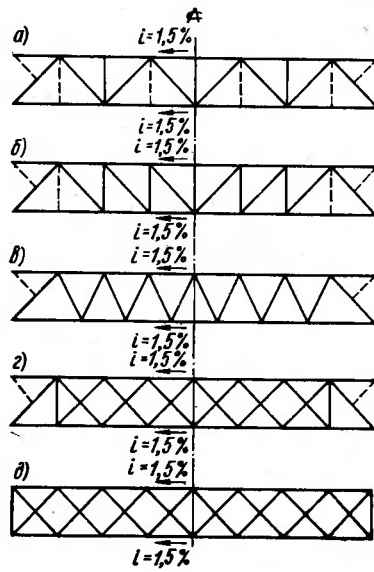


Рис. 40. Схемы стропильных ферм а — с треугольной решеткой и с дополнительными стойками (типичная схема); б — с раскосной решеткой; в — с треугольной решеткой; г — с перекрестной решеткой со сжатыми опорными раскосами; д — с перекрестной решеткой

Таблица 15. Несущая способность тавров ШТ, работающих на сжатие при $l_x = l_y = 3$ м

№ профиля	F, см ²	i _{мин} , см	λ _(макс)	Несущая способность при стали класса			
				С38/23		С46/33	
				φ	[N], кН	φ	[N], кН
11,5 ШТ1	21,9	2,95	102	0,568	261	0,468	297
11,5 ШТ2	24,5	2,91	103	0,561	289	0,461	327
13 ШТ1	27,3	3,34	90	0,655	376	0,563	445
13 ШТ2	30,2	3,31	91	0,648	411	0,555	486
15 ШТ1	33,9	3,93	76	0,737	525	0,666	655
15 ШТ2	37,8	3,86	78	0,726	577	0,652	717
15 ШТ3	42,3	3,89	77	0,732	650	0,659	810
15 ШТ4	46,3	3,92	77	0,732	711	0,659	885
17,5 ШТ1*	47	4,50	67	0,785	775	—	—
17,5 ШТ2	51,6	4,54	66	0,790	855	0,738	1105
17,5 ШТ3	56,6	4,43	68	0,780	927	0,724	1185
17,5 ШТ4	62,8	4,47	67	0,785	1035	0,731	1330
20 ШТ3	70,5	5,27	57	0,834	1235	0,797	1630
20 ШТ4	79,3	5,12	59	0,825	1375	0,786	1810
25 ШТ3	89,2	6,84	44	0,890	1670	0,868	2240
25 ШТ4	98,9	6,91	43	0,894	1855	0,873	2500
25 ШТ5	110	6,75	44	0,890	2050	0,868	2770
30 ШТ4	121	7,17	42	0,897	2280	0,878	3080
30 ШТ5	134	7,41	40	0,905	2550	0,888	3450
30 ШТ6	149	7,63	39	0,909	2840	0,892	3830
35 ШТ5*	157	7,36	41	0,901	2970	—	—
35 ШТ6	167	7,23	41	0,901	3160	0,883	4280
35 ШТ7	183	7,45	40	0,905	3470	0,888	4710
35 ШТ8	200	7,53	40	0,905	3800	0,888	5160

* Эти профили из стали класса С46/33 неприменимы из-за несоответствия требованиям местной устойчивости стенки тавра.

прокладок в верхнем и нижнем поясах ферм.

Рекомендуемые профилирумеры тавров ШТ для сжатых поясов ферм при расчетной длине $l_x = l_y = 3$ м приведены в табл. 15.

Типовая схема решетки имеет, однако, существенный недостаток: требуется устройство узловых уширений (фасонок) во всех узлах, кроме узлов присоединения одиночных стоек к поясам. Исключить узловые уширения (кроме опорных узлов) можно только, если решетку выполнить из одиночных уголков или тавров и когда в узле сходится не более двух элементов решетки. На рис. 40 представлены варианты таких ферм. В схемах

a—z опорные раскосы и в схеме *d* опорные стойки выполнены из парных уголков; все остальные элементы решетки — из одиночных уголков или тавров, размещаемых по обе стороны стенки поясных тавров. В узлах крепления опорных раскосов и стоек, а также во всех узлах нижнего пояса схемы *a* устраиваются узловые уширения. Во всех остальных узлах элементы решетки

Таблица 16. Сопоставление показателей (в %) стропильных ферм пролетом 24 м, высотой 3,15 м, под нагрузку 47 кН/м с поясами из тавров и решеткой из одиночных уголков

Показатели	Схема фермы по рис. 40			
	<i>a</i> *	<i>b</i>	<i>в</i>	<i>z</i>
Масса фермы	103 (111)	104	106	100
Стоимость фермы	108 (106)	104	106	100
Число деталей	104 (167)	104	97	100
Длина сварных швов	102 (165)	102	92	100

* В скобках показатели для фермы с решеткой, целиком выполненной из парных уголков (включая пояса).

крепятся непосредственно к стенке поясных тавров. Сопоставление показателей стропильных ферм по схемам рис. 40 приведено в табл. 16. Пояса — из тавров ШТ из стали класса С46/33, решетка — из равнополочных уголков по ГОСТ 8509—72 из стали класса С38/23.

Наиболее экономична по расходу стали и по стоимости ферма с перекрестной решеткой (рис. 40, *z*). По числу деталей и длине сварных швов эта ферма превосходит сопоставляемые варианты *a* и *b* и особенно типовую схему с решеткой из парных уголков. Сравнение фермы с перекрестной решеткой с типовой фермой, выполненной целиком, включая пояса, из парных уголков (серия 1.460-4, вып. 1), приведено в табл. 17.

Все показатели фермы с перекрестной решеткой превосходят показатели типовой фермы из уголков. Снижение стоимости фермы с перекрестной решеткой получается благодаря ее меньшей массе и существенному уменьшению трудоемкости изготовления. В действительности масса и стоимость типовой фермы на 3—7% выше аналогичных показателей принятой для сравнения типовой фермы. Это объясняется тем, что при сжимающих

Т а б л и ц а 17. Сопоставление показателей (в %) стропильных ферм пролетом 24 м, высотой 3,15 м под нагрузку 47 кН/м

Показатели	Ферма по рис. 40, %	Типовая ферма из парных уголков
Масса фермы	90	100
Стоимость фермы	83	100
Число деталей	45	100
Длина сварных швов	40	100
Трудовые затраты на изготовление фермы	55	100

усилиях в нижнем поясе, которые возникают в типовой ферме, как в ригеле поперечной рамы вследствие воздействия крановых и ветровых нагрузок, необходима установка дополнительных подвесок для уменьшения длины нижнего пояса в плоскости фермы (на рис. 40, а показаны пунктиром). При сравнительно малом весе покрытия с использованием профилированного настила и при отсутствии на нем снега появление сжимающих усилий в нижнем поясе ферм крановых зданий — весьма распространенный расчетный случай. Фермы с перекрестной решеткой лишены этого недостатка, поскольку длина панели нижнего пояса, как и панели верхнего пояса, равна 3 м. Из всех рассмотренных вариантов (рис. 40) решение узлов без узловых уширений легче всего осуществить при перекрестной схеме благодаря значительно меньшим усилиям в элементах решетки. Ферма с перекрестной решеткой представлена в двух вариантах (рис. 40, г и д). В первом из них сохраняется типовая схема сопряжения ферм с колоннами и опорными стойками — надколонниками. Второй вариант имеет более законченный вид благодаря введению опорных стоек, но в нем усложнены опорные крепления к надколонникам, поскольку необходимо обеспечить свободу перемещения верхнего опорного узла вдоль пояса и одновременно передать через него вертикальное опорное давление.

Еще одним достоинством ферм с решеткой из одиночных уголков в сочетании с поясами из тавров является их повышенное сопротивление воздействию коррозионной среды. В этом случае они становятся конкурентоспособными с фермами из замкнутых профилей круглого и прямоугольного сечений.

Для широкого внедрения рациональных схем ферм с решеткой из одиночных уголков необходима разработка методики расчета на устойчивость сжатых элементов из одиночных уголков на основе проводимых в настоящее время экспериментальных исследований. Имеющиеся в СНиП II-V.3-72 указания о введении коэффициента условий работы 0,75 при расчете сжатых элементов из одиночных уголков, прикрепленных одной полкой, не отражают сложное напряженное состояние таких конструкций. В связи с этим типовые фермы с поясами из тавров разработаны пока только с решеткой из парных уголков по схеме рис. 40, а.

Подстропильные фермы при наиболее распространенном пролете 12 м решаются по треугольной схеме (рис. 41). При больших пролетах рекомендуются подстропильные фермы с параллельными поясами и с решеткой по треугольной схеме с дополнительными стойками, к которым прикрепляются стропильные фермы. Стойки, как и в подстропильных фермах пролетом 12 м, выполняются из двутавров III.

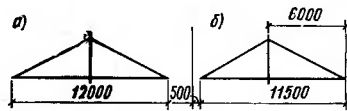


Рис. 41. Схемы подстропильных ферм пролетом 12 м

а — рядовая ферма; б — ферма у торца здания или у температурного шва

решеткой по треугольной схеме с дополнительными стойками, к которым прикрепляются стропильные фермы. Стойки, как и в подстропильных фермах пролетом 12 м, выполняются из двутавров III.

Конструктивное решение узлов стропильных ферм с

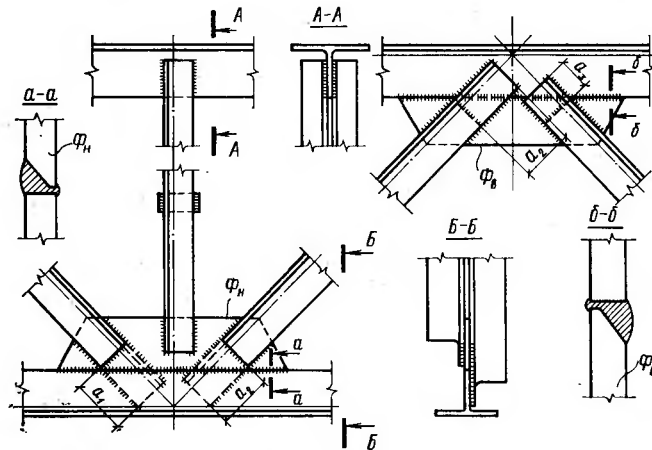


Рис. 42. Узлы стропильной фермы с решеткой из парных уголков

решеткой из парных уголков разработано применительно к установившейся технологии изготовления этих конструкций. Сборка производится либо в кондукторе, либо по фиксаторам и упорам, установленным на стеллаже. Для полного расчленения операций по сборке и сварке ферм узлы рекомендуется решать, как показано на рис. 42, применительно к типовой схеме ферм (см. рис. 40, а). Концы уголков раскосов смещаются вдоль оси раскоса один относительно другого (на расстояние a_1, a_2, a_3) так, чтобы в одном узле (например, верхнего пояса) верхние уголки прикреплялись и к стенке поясного тавра, и к узловой фасонке, а в узле нижнего пояса — только к узловой фасонке. Узловые фасонки имеют скосы (разделки) кромок, которые располагаются соответственно кверху разделкой в нижнем узле и книзу разделкой в верхнем узле (сеч. $a-a$ и $b-b$ на рис. 42).

После сборки производят сварку всех деталей с одной стороны отправочной марки фермы, после кантовки — с другой стороны. При этом стыковые швы фасонки в сопряжении со стенкой поясных тавров заваривают полностью по всей длине сопряжения со стороны разделанной кромки, а с противоположной стороны подва-

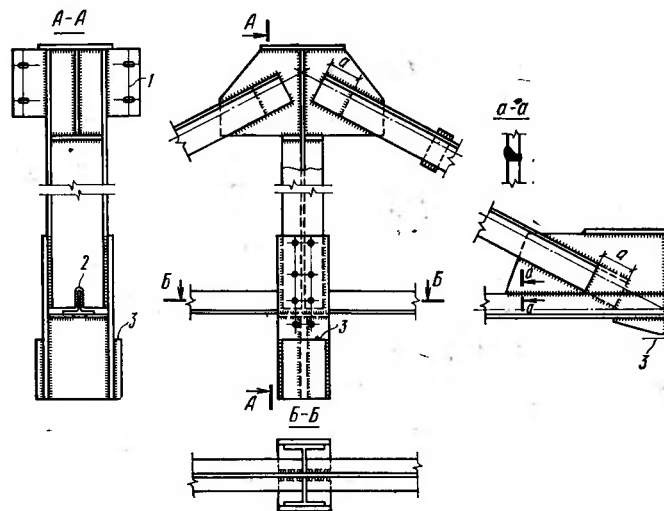


Рис. 43. Узлы подстропильной фермы

1 — овалы отверстия для крепления верхних узлов стропильных ферм; 2 — вырез в стенке стойки для пропуска нижнего пояса; 3 — строганая поверхность

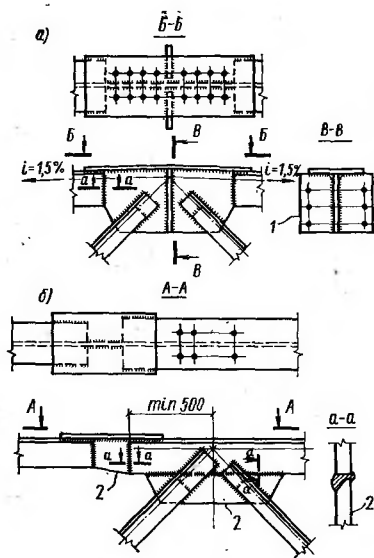


Рис. 44. Заводские стыки ферм
a — в середине фермы; *б* — в месте изменения сечения пояса; 1 — фасонки для крепления связей; 2 — узловая фасонка или стыковая вставка

ривают корень стыкового шва на участках, свободных от уголков раскосов. На участках же, где уголки раскосов прикрепляются и к стенке тавров, и к узловым фасонкам, стыковые швы сваривают, как на остающейся подкладке.

Узлы подстропильных ферм (рис. 43) также следует выполнять с соблюдением перечисленных рекомендаций. Концы уголков раскосов взаимно смещаются так, чтобы можно было полностью собрать ферму, не приваривая узловые фасонки к стенке нижнего таврового пояса на участке сборки. На среднюю стойку подстропильной фермы опираются

сверху прогоны ендовы, располагаемые вдоль продольных разбивочных осей. Средняя стойка фермы принята комбинированной конструкции: верхняя ее часть до нижнего пояса выполняется из двутавра Ш (как правило, 35Ш), а нижняя часть, на которую опираются стропильные фермы, сварная из трех листов. При этом поясные листы нижней части стыкуются внахлестку с полками верхнего двутавра. Стропильные фермы опираются на столики, имеющие строганую опорную поверхность.

Заводские стыки поясов стропильных ферм (рис. 44) следует решать с помощью вертикальных листовых вставок и горизонтальных накладок.

Монтажные стыки стропильных ферм выполняют по типу рис. 45 с помощью парных вертикальных накладок, привариваемых с одной стороны к полуфермам на заводе, а с другой стороны на монтаже, и горизонтальных накладок, полностью привариваемых на монтаже. Средняя стойка фермы выполняется из двух уголков крестом

(или из двух тавров), благодаря чему получаются одинаковые полуфермы. Уголки стойки соединяются на монтаже болтами (сечение Г—Г, рис. 45). Средняя стойка фермы может быть выполнена также из двух тавров крестом. По аналогии с показанными сварными монтажными стыками ферм возможно соединение их и на болтах с заменой одной горизонтальной накладке парными накладками.

Узловые уширения и стыковые накладки рекомендуется выполнять из стали того же класса, что и пояса, как правило, из стали класса С46/33. Швы соединения узловых фасонек со стенками поясных тавров следует рассчитывать на срез от суммы расчетных усилий в примыкающих раскосах, спроектированных на ось пояса [29]. В местах прикрепления растянутых элементов решетки узловые уширения и участки стенок поясов следует проверять расчетом на выкалывание по периметру приваренных уголков.

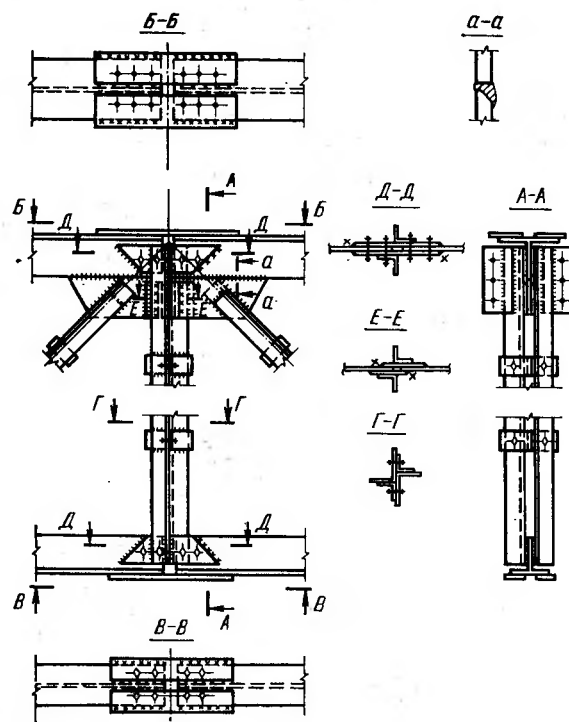


Рис. 45. Монтажные стыки ферм

5. КОНСТРУКЦИИ ИЗ СКВОЗНЫХ ДВУТАВРОВ

Сквозной двутавр или двутавр со сквозной (не сплошной) стенкой образуется распуском (разрезкой) по зигзагообразной линии его стенки с последующей раздвижкой и сваркой встык частей двутавров по выступающим кромкам разрезанной стенки (рис. 46). В литературе встречаются также термины «развитый двутавр», «балка с перфорированной стенкой». За рубежом эти двутавры называют «honeusomb» (сотовые) по шестиугольной форме отверстий в стенке готовой балки. В отечественной практике наиболее распространен термин «сквозной двутавр».

Экономичность сквозных двутавров предопределяется тем, что высота их до 1,5 раз больше высоты исходного двутавра. В зарубежной практике применяются сквозные двутавры еще большей высоты, которая достигается раздвижкой разрезанных по зигзагу частей двутавров и вставкой между ними плоских прямоугольных планок. Такие сквозные двутавры имеют восьмиугольные отверстия в стенке.

Несущая способность сквозных двутавров в 1,3—1,5 раза превышает несущую способность исходных двутавров. Моменты инерции сквозных двутавров в 1,5—2 раза больше моментов инерции исходных двутавров. Эти качества сквозных двутавров в сочетании с их компактностью, высокой степенью транспортабельности и приспособленности к автоматизированному изготовлению делают их конкурентоспособными даже по сравнению с решетчатыми конструкциями.

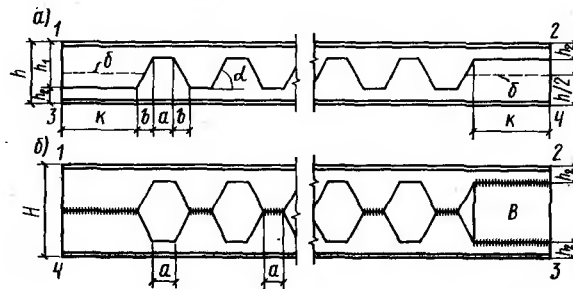


Рис. 46. Компоновка сквозного двутавра

a — схема распуска исходного двутавра (заготовки); *б* — схема готового сквозного двутавра; *B* — вставка из полосы

В практике многих стран сквозные двутавры и разнообразные конструкции из них имеют большое распространение [19]. Многие металлургические фирмы (Япония, ФРГ) поставляют сквозные двутавры в большом и разнообразном ассортименте [40, 41]. Английская фирма «Сандерс и Форстер» изготавливает сквозные двутавры из широкополочных балок 63 профила размеров, используемых в качестве балок перекрытий и стропильных балок пролетами от 6 до 36 м под нагрузки от 2,5 до 54 кН/м. Американская фирма «Элизабет айрон уоркс» поставляет различные стальные конструкции из сквозных двутавров: ригели рам, прогоны, балки. Предприятия ПНР, ВНР, ЧССР, ГДР производят сквозные двутавры из стандартных двутавровых балок и из I PE европейского сортамента (Евроном 19-57). В ГДР разработаны нормативные документы по проектированию сквозных (сотовых) двутавров.

В Советском Союзе описываемая конструктивная форма также нашла применение. В период, когда толстолистовая сталь поставлялась для нужд капитального строительства в ограниченных количествах, в Ленинградском отделении ЦНИИпроектстальконструкция были запроектированы конструкции с использованием сквозных двутавров. Рекомендации по расчету, проектированию и изготовлению этих конструкций с описанием опыта их применения приведены в работе М. Б. Солодаря «Стальные балки увеличенной высоты из прокатных двутавров» (1952 г.). С начала 60-х годов по разработкам института ВНИИПТМАШ краностроительные заводы изготавливают подвесные краны с несущими сквозными балками из горячекатаных двутавров М (ГОСТ 19425—74).

Компоновка сквозных двутавров имеет ряд особенностей. Во-первых, необходимо использовать заготовку — исходный двутавр, как правило, полностью, без отходов. С этой целью распуск исходного двутавра производят по схеме рис. 46, а. При этом должны соблюдаться следующие зависимости:

$$\begin{aligned} h_1 &= (0,60 \dots 0,75) h; \quad a \geq 90 \text{ мм}; \quad k \geq 250 \text{ мм}; \\ \alpha &= 40 \dots 70^\circ. \end{aligned} \quad (11)$$

Рисунок линии распуска исходного двутавра может быть симметричным относительно середины длины двутавра и несимметричным. Во втором случае все сквозные

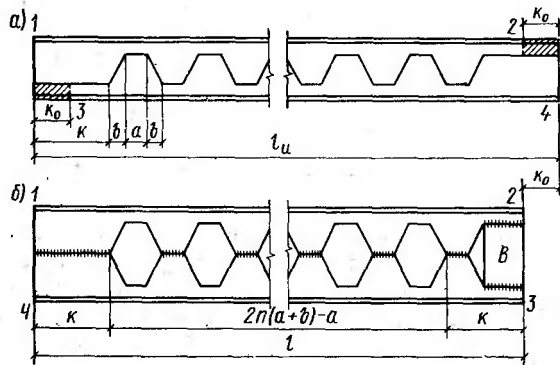
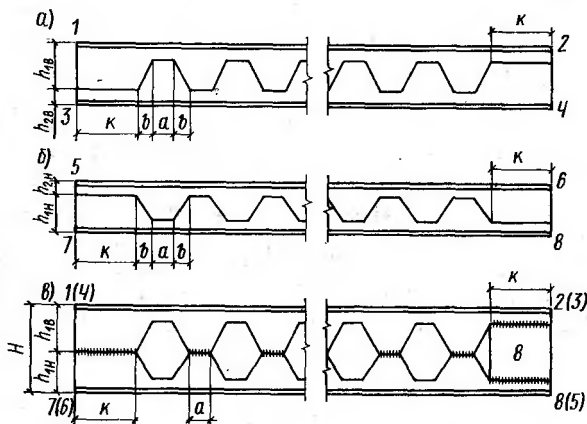


Рис. 47. Компоновка сквозного двутавра с симметричным относительно середины готового двутавра расположением отверстий в стенке
 а — схема роспуска исходного двутавра (заштрихована отрезаемая часть заготовки); б — схема готового сквозного двутавра

Рис. 48. Компоновка би-стального сквозного двутавра

а — схема роспуска исходного двутавра для верхнего пояса; б — то же, для нижнего пояса; в — схема готового би-стального сквозного двутавра



двутавры получают одного типа (рис. 46, б) со вставкой B на одном конце. При симметричном рисунке линии роспуска сквозные двутавры получают двух типов: 1) без вставок, т. е. оба конца оформляются как левый конец двутавра; 2) со вставками на обоих концах, как правый конец двутавра на рис. 46, б. Приведенная на рис. 46 компоновка сквозных двутавров применима при равномерно распределенной нагрузке. В случае сосредоточенных регулярно расположенных грузов (например, прогоны покрытия, продольные ребра железобетонных плит) рекомендуется компоновка сквозного двутавра по

типу рис. 47. При этом положение сплошных участков стенки сквозного двутавра должно совпадать с положением сосредоточенных грузов, однако при данной компоновке неизбежна потеря части исходных двутавров (рис. 47, а). Длина заготовки — исходного двутавра — определяется по формуле

$$l_n = 2n(a + b) + 2k + b \quad (12)$$

(n — число отверстий в сквозной балке).

Длина отрезаемой части заготовки равна

$$k_0 = a + b. \quad (13)$$

В ближайший период двутавры с параллельными гранями полок по ТУ 14-2-24-72 будут прокатывать, как указывалось выше, из стали двух классов: С38/23 и С46/33. Исходя из этого, сквозные двутавры можно будет компоновать целиком из стали класса С38/23 или С46/33 (моностальные) или из стали двух марок (бистальные) по типу, разработанному в ЦНИИпроектстальконструкция из стали классов С38/23 и С46/33. Компоновка бистального сквозного двутавра показана на рис. 48.

При компоновке сквозных двутавров необходимо учитывать еще некоторые особенности. Экономичность сквозных двутавров в значительной мере определяется отсутствием ребер жесткости. Поскольку на участках стенки имеются зоны пластических деформаций, необходимо, чтобы соблюдалось условие

$$\frac{h_{c1}}{s_H} \leq 35 \sqrt{\frac{210}{R}} \quad (14)$$

и была обеспечена также устойчивость стенки верхнего (сжатого) тавра

$$\frac{h_{c2}}{s_B} \leq c_y \eta, \quad (15)$$

где h_{c1} — высота плоской части сжатого участка стенки

$$h_{c1} = z - (t_B + r_B);$$

R — расчетное сопротивление изгибу, МПа;

h_{c2} — высота плоской части стенки верхнего тавра

$$h_{c2} = h_{2B} - (t_B + r_B);$$

$c_y = 14$ для стали класса С38/23;

$c_y = 12$ для стали класса С46/33;

$$\eta = 1 + 0,25 \sqrt{2 - \frac{b_B}{h_{c2}}}; \quad 1 \leq \frac{b}{h_{c2}} \leq 2 \quad (\text{см. п. 6.14 СНиП}$$

II-V.3-72);

$s_B, z, t_B, r_B, h_{2B}, b_B$ обозначены на рис. 49.

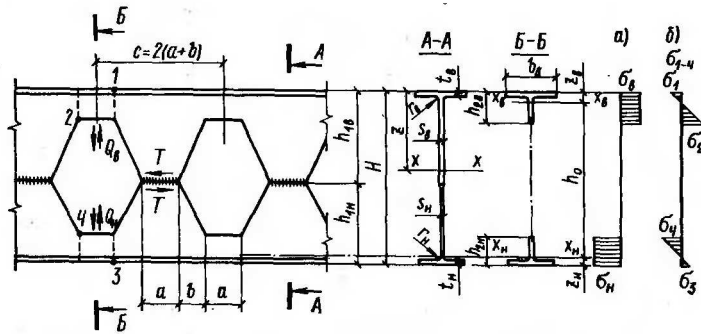


Рис. 49. К расчету бистального сквозного двутавра

а — эпюра напряжений в сечении Б-Б; б — эпюра напряжений от местного изгиба в углах отверстия

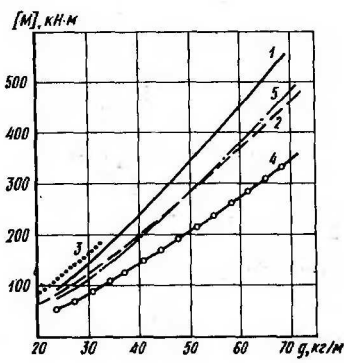


Рис. 50. График зависимости $[M] - g$

1 — бистальные сквозные двутавры; 2 — сквозные двутавры из стали класса С38/23; 3 — то же, из стали класса С46/33; 4 — двутавры Б1 по ТУ 14-2-24-72 из стали класса С38/23; 5 — двутавры Б1 из стали класса С46/33

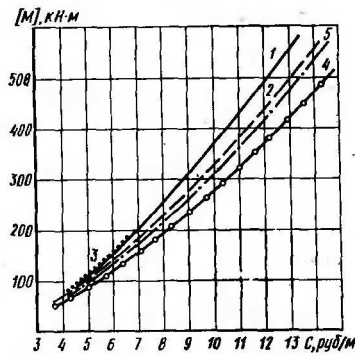
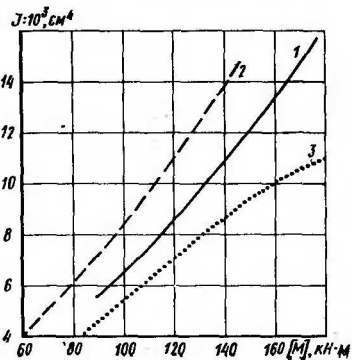


Рис. 51. График зависимости $[M] - C$. Обозначения кривых 1—5 те же, что на рис. 50

Рис. 52. График зависимости $J - [M]$. Обозначения кривых 1—3 те же, что на рис. 50



С учетом этого максимальная полная высота плоской части стенки исходного двутавра для изготовления моносталяного сквозного двутавра определится так:

$$h_{\text{с макс}} = (h_{\text{с1}} + h_{\text{с2}}) \leq \left(35 \sqrt{\frac{210}{R}} + c_{\text{y}} \eta \right) s_{\text{в}}$$

Принимая по формуле (3) $\eta_{\text{макс}} = 1,25$, получим:

$$h_{\text{с макс}} = \begin{cases} 52 s_{\text{в}} & \text{— для стали класса С38/23;} \\ 45 s_{\text{в}} & \text{— для стали класса С46/33.} \end{cases}$$

По этим данным моносталяные сквозные двутавры из стали класса С46/33 могут быть изготовлены из нормальных двутавров Б не более двутавра 30Б, а из стали класса С38/23 могут быть использованы все двутавры Б, кроме 70Б1, 70Б2, 80Б1, 80Б2, 90Б1, 90Б2, 100Б1, 100Б2 и 100Б3. Для сквозных же двутавров из двух марок стали могут быть использованы почти все двутавры Б, за небольшим исключением.

Сопоставления сквозных и сплошных двутавров по расходу стали представлены на графике зависимости их несущей способности $[M]$ от массы 1 м g (рис. 50). Наименее экономичны по расходу стали сплошные двутавры Б из стали классов С38/23 (кривая 4) и С46/33 (кривая 5). Наиболее экономичны моносталяные сквозные двутавры из стали класса С46/33 (кривая 3), но область их применения очень мала из-за невозможности преодолеть ограничения, диктуемые зависимостями (14) и (15). Моносталяные сквозные двутавры из стали класса С38/23 (кривая 2) по расходу стали приближаются к сплошным двутаврам Б из стали класса С46/33. Бистальные сквозные двутавры (кривая 1) на всем поле графика являются наиболее экономичными по расходу стали, за исключением небольшого участка при $[M] = 80 \dots 180$ кН·м, для которого преимущество имеют моносталяные сквозные двутавры из стали класса С46/33.

Из сопоставления зависимости несущей способности от стоимости 1 м двутавров (рис. 51) следует, что по стоимости наиболее экономичными являются бистальные сквозные двутавры (кривая 1). Стоимость моносталяных сквозных двутавров из стали класса С46/33 (кривая 3) практически не отличается от стоимости бистальных сквозных двутавров.

Для окончательной оценки сопоставленных сквозных двутавров рассмотрим еще график взаимозависимости

моментов инерции сквозных двутавров и их несущей способности (рис. 52). По сравнению с бистальными сквозными двутаврами моностальные сквозные двутавры из стали класса С46/33 имеют пониженную жесткость (до 1,5 раз), вследствие чего их рациональное использование практически исключено.

Как следует из графиков на рис. 50, 51 и 52, бистальные сквозные двутавры по универсальности, широте диапазона несущей способности, экономичности, а также благодаря повышенной жесткости являются самыми рациональными из всех сквозных двутавров. Они также существенно экономичнее равнопрочных сплошных (цельных) двутавров Б1 с параллельными гранями полок.

Экономичность бистальных сквозных двутавров (БСБ) определяется следующим: они имеют асимметричное сечение — в верхней (сжатой) части применяется профиль большего сечения из стали класса С38/23, а в нижней (растянутой) — профиль меньшего сечения из более прочной стали класса С46/33. Благодаря этому положение центра тяжести всего сечения повышается, чем облегчается соблюдение условия (14), а также возможность раскрытия исходных двутавров с получением оптимальных размеров h_1 и h_2 (см. рис. 46), равных соответственно $0,75h$ и $0,25h$. В моностальных сквозных двутаврах последнее условие — оптимальный раскрой исходных двутавров удается реализовать только для малых номеров двутавров (до 26Б1—30Б1).

Для полноценного использования несущей способности БСБ необходимо, чтобы отношение площадей сечения нижнего и верхнего тавров (сечение $B-B$, рис. 49) было обратно пропорционально отношению основных расчетных сопротивлений

$$F_H/F_B = R_B/R_H = 0,724. \quad (16)$$

Практически получить указанное соотношение трудно из-за фиксированной градации сортамента и необходимости одновременно соблюдать зависимости (14) и (15). Поэтому следует стремиться максимально приблизиться к соотношению (16). Наилучшим образом этому отвечает рекомендуемое сочетание исходных двутавров при компоновке БСБ (табл. 18).

Скомпонованные по приведенным рекомендациям бистальные сквозные двутавры сопоставлены по методике эквивалентных параметров [10] с равнопрочными (т. е.

Таблица 18. Оптимальное сочетание исходных двутавров Б при компоновке бистальных сквозных двутавров

Верх С38/23	Низ С46/33	F_H/F_B	Верх С38/23	Низ С46/33	F_H/F_B
23Б3	20Б1	0,702	55Б2	50Б1	0,745
30Б1	23Б1	0,725	60Б1	50Б1	0,698
35Б1	26Б1	0,733	60Б2	55Б1	0,738
35Б2	30Б1	0,755	70Б2	60Б1	0,733
40Б1	30Б1	0,705	80Б3	70Б1	0,658
40Б2	35Б1	0,715	90Б3	80Б1	0,643
45Б2	40Б1	0,707	100Б3	90Б1	0,662
50Б2	45Б1	0,722			

имеющими одинаковую несущую способность) двутаврами Б1 (табл. 19) и с моностальными сквозными двутаврами (табл. 20).

Таблица 19. Сопоставление бистальных сквозных двутавров с двутаврами Б1 (в %)

Наименование	[М]	Масса	Стоимость	Момент инерции
Бистальной сквозной двутавр; сталь С38/23 и С46/33	100	100	100	100
Двутавр Б1; сталь С38/23	100	134—139	116—120	71
Двутавр Б1; сталь С46/33	100	110—113	110—111	59

Таблица 20. Сопоставление бистальных и моностальных сквозных двутавров (в %)

Наименование	[М]	Масса	Стоимость	Момент инерции
Бистальной сквозной двутавр; сталь С38/23 и С46/33	100	100	100	100
Моностальной сквозной двутавр; сталь С38/23	100	111—115	104—108	112—117
То же, сталь С46/33	100	94	102	71

Сквозной двутавр, используемый в качестве изгибаемого элемента, по своей расчетной схеме является многократно статически неопределимой системой [37]. Он представляет собой промежуточную конструктивную форму между сплошнотенчатой балкой и безраскосной

фермой. Теоретические и экспериментальные исследования сквозных двутавров показали, что с достаточной степенью точности они могут быть рассчитаны как безраскосные фермы по приближенному способу Виренделя. Принимается, что в середине сплошных участков стенки и посередине участков поясов в местах вырезов расположены шарниры — точки нулевых моментов, в которых действуют только поперечные силы.

Ниже приводятся рекомендации¹ по приближенному расчету однопролетных свободно опертых балок из бистальных сквозных двутавров, основанные на указанных предпосылках. Рассматривается равномерно распределенная нагрузка либо нагрузка в виде регулярно расположенных сосредоточенных грузов. Общая устойчивость балок должна быть обеспечена согласно требованиям п. 4.15а СНиП II-V.3-72.

Прочность балок проверяется в середине пролета (в месте действия максимального момента M_0) и в точках 1—4 (см. рис. 49) по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{в}} &= \frac{M_0}{F_{\text{в}} h_0} \leq R_{\text{в}}; \quad \sigma_{\text{н}} = \frac{M_0}{F_{\text{н}} h_0} \leq R_{\text{н}}; \\ \text{точка 1: } \sigma_1 &= \frac{M}{F_{\text{в}} h_0} + \frac{Q_{\text{в}} a}{2W_{\text{т1}}} \leq R_{\text{в}}; \\ \text{точка 2: } \sigma_2 &= \frac{M}{F_{\text{в}} h_0} + \frac{Q_{\text{в}} a}{2W_{\text{т2}}} \leq \sigma_{\text{тв}}; \\ \text{точка 3: } \sigma_3 &= \frac{M}{F_{\text{н}} h_0} + \frac{Q_{\text{н}} a}{2W_{\text{т3}}} \leq R_{\text{н}}; \\ \text{точка 4: } \sigma_4 &= \frac{M}{F_{\text{н}} h_0} + \frac{Q_{\text{н}} a}{2W_{\text{т4}}} \leq \sigma_{\text{тн}}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

В формулах (17):

M, Q — расчетные изгибающие моменты и поперечные силы в сечениях: при сосредоточенных грузах — под каждым грузом; при равномерно распределенной нагрузке на расстояниях x_i от опоры, определяемых по формулам (18) и (19);

$F_{\text{в}}, F_{\text{н}}$ — площади сечений соответственно верхнего и нижнего тавров (сеч. Б—Б, рис. 49);

$$Q_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}} Q; \quad Q_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} Q; \quad \alpha_{\text{в}} = \frac{J_{\text{в}}}{J_{\text{в}} + J_{\text{н}}}; \quad \alpha_{\text{н}} = f - \alpha_{\text{в}};$$

¹ Разработаны в институте ЦНИИпроектстальконструкция совместно с инженерами В. В. Березиным и Б. М. Вроно.

J_v, J_n — моменты инерции соответственно верхнего и нижнего тавров (сечение $B-B$, рис. 49.);

h_0, a — по рис. 49;

$W_{\tau 1}, W_{\tau 3}$ — максимальные моменты сопротивления соответственно верхнего и нижнего тавров;

$W_{\tau 2}, W_{\tau 4}$ — минимальные моменты сопротивления соответственно верхнего и нижнего тавров;

$R_v, R_n, \sigma_{\tau v}, \sigma_{\tau n}$ — расчетные сопротивления растяжению, сжатию и изгибу и расчетные пределы текучести соответственно для верхнего тавра и нижнего тавра из стали классов С38/23 и С46/33;

$$x_i = \frac{L}{2} - l_i; \quad (18)$$

где L — пролет балки;

l_i — определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \text{для точки 1: } l_1 &= \alpha_v \frac{F_v h_0}{2W_{\tau 1}} a; \\ \text{для точки 2: } l_2 &= \alpha_v \frac{F_v h_0}{2W_{\tau 2}} a; \\ \text{для точки 3: } l_3 &= \alpha_n \frac{F_n h_0}{2W_{\tau 3}} a; \\ \text{для точки 4: } l_4 &= \alpha_n \frac{F_n h_0}{2W_{\tau 4}} a. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Касательные напряжения на уровне горизонтального сварного шва проверяются по формуле

$$\tau = \frac{QS}{J_{sv}} \frac{c}{a} \leq R_{ср} \quad (20)$$

или по формуле, дающей запас до 20%,

$$\tau = \frac{Q}{h_0 s_v} \frac{c}{a} \leq R_{ср}, \quad (21)$$

где Q — расчетная поперечная сила, определяемая на расстоянии 0,7 м от опоры;

S, J — соответственно статический момент верхней части двутавра и момент инерции двутавра для сечения $A-A$, рис. 49;

$R_{ср}$ — расчетное сопротивление срезу для стали класса С38/23; остальные обозначения по рис. 49.

Устойчивость стенки вблизи опоры проверяется по формуле

$$\tau_c / \tau_0 \leq 1, \quad (22)$$

где $\tau_c = A/Hs_n$ (A — опорная реакция; H — по рис. 49);

$$\tau_0 = 125 \left(\frac{100s_n}{h_c} \right)^2, \text{ МПа; } h_c = H - (t_v + t_n + r_v + r_n).$$

Участок стенки балки над опорой при $h_c/s_n > 40$ следует укреплять опорными ребрами, рассчитываемыми по п. 6.9 СНиП II-V.3-72.

Местное напряжение смятия в стенке балки под сосредоточенным грузом, а также в месте приложения опорной реакции при отсутствии опорных ребер следует проверять по п. 4.13 СНиП II-V.3-72.

При проверке прогиба балки из сквозного двутавра в расчет вводится момент инерции ослабленного отверстием сечения (сечение Б—Б, рис. 49), уменьшенный на 5% для учета влияния поперечных сил.

Подбор сечения балки из сквозного двутавра выполняют в такой последовательности:

по максимальному расчетному изгибающему моменту (M_0) определяют требуемые значения $F_B h_0$ и $F_H h_0$:

$$F_B h_0 = \frac{M_0}{k_H R_B}; \quad F_H h_0 = \frac{M_0}{k_H R_H}$$

(k_H — коэффициент, равный при сосредоточенных грузах 0,9; при равномерно распределенной нагрузке 1);

определяют приближенные значения моментов сопротивления исходных двутавров для верхней и нижней частей сквозного двутавра ($W_{в.и}$ и $W_{н.и}$):

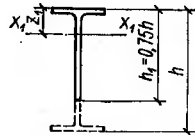
$$W_{в.и} \approx 0,65 F_B h_0; \quad W_{н.и} \approx 0,55 F_H h_0;$$

по этим значениям подбирают из сортамента номера исходных двутавров с учетом рекомендаций табл. 18 и komponуют сквозной двутавр с использованием справочных данных табл. 21 и 22; затем проверяют прочность, устойчивость и жесткость сквозного двутавра.

Наиболее рационально использование бистальных сквозных двутавров в качестве прогонов покрытий пролетом 12 м, стропильных и подстропильных балок, балок площадок и перекрытий, балок комбинированных сталежелезобетонных конструкций, балок пролетом 12 м для путей подвесного подъемно-транспортного оборудования.

Прогоны пролетом 12 м для покрытий производственных зданий являются наиболее массовой областью применения бистальных сквозных двутавров [12, 30]. Для удобства их крепления к стропильным фермам, взаимозаменяемости сквозных прогонов с типовыми решетчатыми прогонами, а также для уменьшения высоты зда-

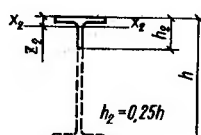
Таблица 21. Характеристики тавров высотой 0,75
высоты исходных двутавров Б по ТУ 14-2-24-72



№ исходного двутавра	h_1 , мм	F_1 , см ²	J_{x1} , см ⁴	z_1 , см	№ исходного двутавра	h_1 , мм	F_1 , см ²	J_{x1} , см ⁴	z_1 , см
20Б1	149	15,5	335	3,94	55Б1	410,1	67,6	11 810	11,8
20Б2	150	16,5	350	3,80	55Б2	412,5	72,8	12 480	11,2
20Б3	151	18,1	384	3,81	55Б3	414,1	79,6	13 680	11,2
23Б1	171,4	18,1	527	4,59	60Б1	447,1	80,7	16 680	12,8
23Б2	172,5	19,3	551	4,41	60Б2	450	87,3	17 710	12,1
23Б3	173,7	21,4	607	4,39	60Б3	451,7	95,8	19 540	12,2
26Б1	193,8	21,3	793	5,17	70Б1	521,8	101	29 140	15,8
26Б2	195	22,7	830	4,96	70Б2	525	109	31 110	14,9
26Б3	196,1	25	916	4,99	70Б3	527,8	119	33 450	14,6
30Б1	223,8	25,1	1260	6,01	70Б4	529,8	131	37 130	14,7
30Б2	225	26,8	1320	5,75	80Б1	595,8	125	47 290	18,9
30Б3	226,1	29,5	1460	5,76	80Б2	600	136	51 080	17,7
35Б1	260,8	29,6	2050	7,12	80Б3	602,6	148	55 460	17,5
35Б2	262,5	32,2	2180	6,70	80Б4	604,6	162	61 320	17,8
35Б3	263,7	35,4	2390	6,70	90Б1	671,6	155	74 780	21,2
40Б1	297,8	36,9	3380	8,43	90Б2	675	165	79 290	20,2
40Б2	300	40,3	3610	7,91	90Б3	678	183	87 680	20,1
40Б3	301,2	44,1	3960	7,96	90Б4	680	203	98 000	20,6
45Б1	335,2	45,8	5340	9,59	100Б1	745	183	109 130	23,9
45Б2	337,5	50	5700	9,02	100Б2	750	199	117 700	22,5
45Б3	338,9	54,9	6270	9,07	100Б3	754	220	129 900	22,1
50Б1	372,8	56,4	8120	10,7	100Б4	757	245	145 520	22,5
50Б2	375	60,8	8600	10,1					
50Б3	376,6	66,3	9360	10,1					

5*

Т а б л и ц а 22. Характеристики тавров высотой 0,25
высоты исходных двутавров Б по ТУ 14-2-24-72



№ исходного двутавра	h_2 , мм	F_{x_2} , см ²	J_{x_2} , см ⁴	$W_{x_2}^{\text{макс}}$, см ³	$W_{x_2}^{\text{мин}}$, см ³	z_2 , см
20Б1	49	10,3	13,5	14,6	3,4	0,93
20Б2	50	11,3	14,4	15,3	3,54	0,94
20Б3	51	12,5	16,2	16,5	3,94	0,98
23Б1	56,4	11,9	21,6	20,6	4,7	1,05
23Б2	57,5	13,1	22,9	21,7	4,89	1,06
23Б3	58,7	14,7	25,9	23,4	5,44	1,1
26Б1	63,8	14	32,7	28	6,27	1,17
26Б2	65	15,5	34,6	29,6	6,5	1,17
26Б3	66,1	17,1	39,1	31,9	7,27	1,23
30Б1	73,8	16,4	53,3	40,8	8,78	1,31
30Б2	75	18,1	56,2	43,2	9,06	1,3
30Б3	76,1	20	63	46,6	10,1	1,35
35Б1	85,8	19,1	87,3	57,8	12,4	1,51
35Б2	87,5	21,7	93,2	62,7	12,8	1,49
35Б3	88,7	24	104	67,6	14,2	1,54
40Б1	97,8	23,3	145	80,8	18,1	1,79
40Б2	100	26,7	156	88,8	18,9	1,76
40Б3	101,2	29,3	174	95,5	20,9	1,82
45Б1	110,2	28,7	230	113	25,6	2,04
45Б2	112,5	32,9	247	123	26,7	2
45Б3	113,9	36,2	276	133	29,7	2,07
50Б1	122,8	35,4	352	155	35,2	2,27
50Б2	125	39,8	374	168	36,4	2,23
50Б3	126,6	43,8	413	180	39,8	2,29
55Б1	135,1	42,3	512	204	46,1	2,51
55Б2	137,5	47,5	544	221	48,2	2,47
55Б3	139,1	52,1	605	237	53,3	2,55
60Б1	147,1	50,7	718	263	59,9	2,73
60Б2	150	57,3	767	285	62,3	2,69
60Б3	151,7	62,8	860	307	69,5	2,8
70Б1	171,8	60,8	1300	384	93,8	3,37
70Б2	175	69,1	1390	425	97,4	3,26
70Б3	177,8	77,2	1510	461	105	3,29
70Б4	179,8	84,6	1700	497	117	3,42

Продолжение табл. 22

№ исходного двутавра	h_x , мм	F_x , см ²	J_{x2} , см ⁴	$W_{x2}^{\text{макс}}$, см ³	$W_{x2}^{\text{мин}}$, см ³	e_x , см
80Б1	195,8	72,6	2120	524	137	4,05
80Б2	200	83,9	2300	592	143	3,89
80Б3	202,6	92,5	2520	638	155	3,95
80Б4 ₁	204,6	101	2830	687	173	4,12
90Б1	221,6	90,6	3400	747	193	4,55
90Б2	225	101	3610	821	199	4,4
90Б3	228	113	4040	900	221	4,49
90Б4	230	124	4590	974	251	4,71
100Б1	245	106	4930	961	255	5,13
100Б2	250	122	5340	1080	266	4,93
100Б3	254	137	5960	1190	292	5
100Б4	257	152	6790	1300	332	5,23

ний опорные детали приняты из двух гнутых швеллеров высотой 140—200 мм (рис. 53). Это позволяет осуществить компактное сопряжение опорных деталей с верхней полкой прогона. Деталь *П* нужна для соблюдения единой плоскости опирания профилированного настила или других элементов покрытия. Аналогично этому решается и консоль прогона в температурном шве и в торце здания. Опорные детали можно приваривать к прогону и сваривать между собой угловыми швами или электрозаклепками. Для удобства сопряжения рекомендуется стыковые швы прогона располагать ниже опорных деталей. С этой целью следует видоизменить конец линии роспуска исходных двутавров (см. участок «б» на рис. 46, а).

Сквозные прогоны пролетом 12 м по массе (в среднем по всему сортаменту) не отличаются от типовых решетчатых прогонов, но они проще в изготовлении и дешевле благодаря их большей транспортабельности — коэффициент загрузки вагонов в 5—7 раз больше, чем при решетчатых прогонах.

Применение прогонов из сквозных двутавров обуславливает особенности конструктивного решения вертикальных связей. Для унификации прогонов и освобождения их от креплений связей следует применять комбинированную систему вертикальных связей (рис. 54). Стойки *С* принимаются жесткими на изгиб из гнутого или горячекатаного швеллера (сечение *А—А*). Из-за ограниченности места в примыкании к верхнему поясу ре-

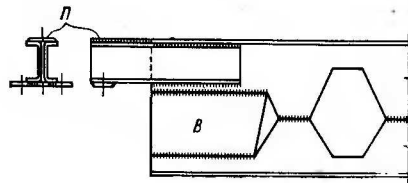


Рис. 53. Опорная часть прогона

В — вставка; *П* — выравнивающая подкладка

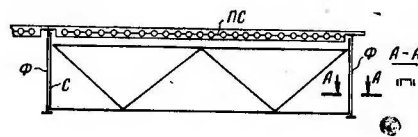


Рис. 54. Схема вертикальной связи

Ф — стропильная ферма; *ПС* — сквозной прогон; *С* — стойка вертикальной связи

комендуется, при необходимости, увеличивать сечение стойки приваркой полос к полкам швеллера.

Стропильные балки пролетом 12—18 м из сквозных двутавров рационально применять взамен сборных железобетонных балок покрытия в бесфонарных зданиях и в зданиях с зенитными фонарями в районах строительства с высоким и средним уровнем цен на сборный железобетон и в труднодоступных районах. Особенно эффективны эти конструкции при применении профилированного настила вместо сборных железобетонных плит покрытия. Опорные узлы стропильных балок рекомендуется решать по типу рис. 55.

При применении сквозных двутавров в качестве балок покрытий, перекрытий и площадок отверстия в балках используют для прокладки различных коммуникаций.

Пример удачного размещения вентиляционных устройств, осветительной аппаратуры и т. п. с использованием отверстий в сквозных балках приведен на рис. 56 [40].

При наличии больших поперечных сил на отдельных участках балок из сквозных двутавров часть отверстий можно заполнить сваренными в них фасонными вставками из листовой стали.

Особенность комбинированных сталежелезобетонных конструкций с применением элементов из сквозных двутавров (конструкции перекрытий с железобетонными плитами, мостовые конструкции) состоит в том, что в этих случаях целесообразно для верхней части сквозного двутавра применять профиль меньшего сечения, чем про-

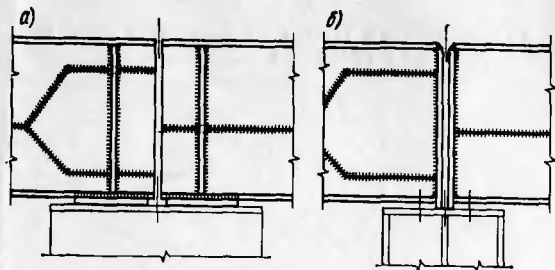


Рис. 55.
Опорные узлы стропильных балок из сквозных двутавров при опирании на колонны
а — железобетонную; б — стальную

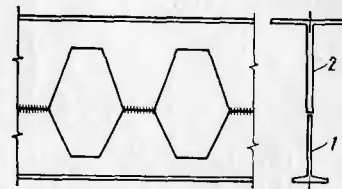
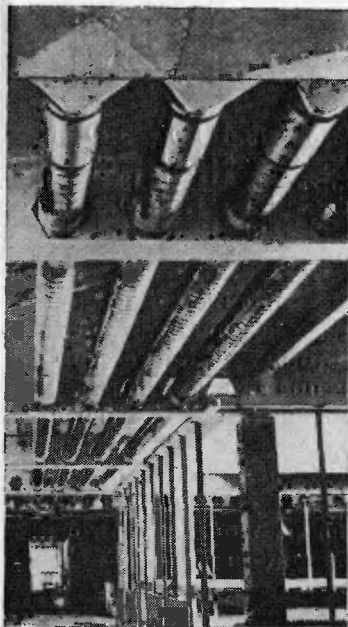


Рис. 57. Пример поперечного сечения балки пролетом 12 м для путей подвешено-транспортного оборудования из бистальной сквозной двутавра

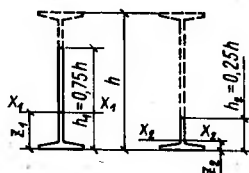
1 — из двутавра М (ГОСТ 19425—74);
2 — из двутавра Б или Ш по ТУ 14-2-24-72

Рис. 56. Пример размещения вентиляционных и других устройств с использованием отверстий в сквозных двутаврах

филь нижней части, поскольку в работу верхнего пояса включается железобетонная плита.

Для балок путей подвешено-транспортного оборудования, особенно при пролете балок 12 м, рационально использовать бистальной сквозной двутавр, нижняя (ездовая) часть которого выполняется из разрезанного двутавра типа М (ГОСТ 19425—74), а верхняя часть из двутавра типа Ш или Б по ТУ 14-2-24-72 (рис. 57). Сечения такого вида целесообразны также для

Таблица 23. Характеристики тавров из двутавров типа М по ГОСТ 19425—74



№ исходного двутавра	$h_1=0,75 h$				$h_2=0,25 h$					
	h_1 , мм	F_1 , см ²	J_{x1} , см ⁴	z_1 , см	h_2 , мм	F_2 , см ²	J_{x2} , см ⁴	z_2 , см	$W_{мен}$, см ³	$W_{макс}$, см ³
18М	135	19,6	329	3,57	45	13,3	13,3	1,01	3,81	13,2
24М	180	29,27	903	4,9	60	19,43	36,8	1,31	7,85	28,1
30М	225	38,75	1920	6,27	75	25,25	79,3	1,59	13,4	49,8
36М	270	45,45	3360	8	90	28,35	143	1,96	20,3	73
45М	337	61,2	7180	10,2	113	37,6	310	2,43	35,2	128

главных балок подвесных кранов, выполняемых из сквозных симметричных двутавров (образованных из двутавров типа М), к верхнему поясу которых приварены швеллеры плашмя. Дополнительные справочные данные, необходимые для расчета и компоновки таких сквозных двутавров, приведены в табл. 23.

Рациональной областью использования сквозных двутавров (моностальных и бистальных) являются высокие стойки продольных и торцовых фахверков взамен традиционного решения в виде сварных двутавров, составленных из трех листов.

6. КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ И ПЛОЩАДОК

Часть двутавров с параллельными гранями полок может быть рационально использована взамен менее экономичных стандартных двутавровых балок по ГОСТ 8239—72*, а также вместо сварных двутавров ограниченной высоты. Экономичность двутавров Б при их работе на изгиб в сравнении со стандартными двутаврами и с двутаврами Ш показана на графике рис. 58. Двутавры Б1 экономичнее по расходу стали равнопрочных стандартных двутавров № 22—60 на 1,5—8,5% благода-

ря более рациональному распределению материала в поперечном сечении. В среднем по всему указанному набору двутавров с учетом их удельного потребления относительная экономия стали оценивается по методике эквивалентных параметров [10] в 4,6%. За счет более частой градации профилей в сортаменте двутавров Б на участке 20Б1—60Б2 в сравнении с градацией профилей в сортаменте балок по ГОСТ 8239—72* может быть получена

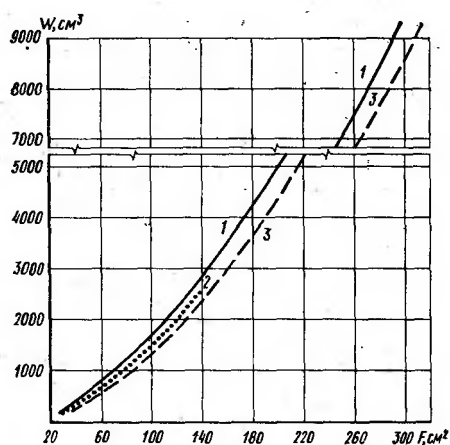


Рис. 58. График зависимости $W-F$

1 — двутавры Б1 по ТУ 14-2-24-72; 2 — двутавровые балки по ГОСТ 8239-72; 3 — двутавры Ш1 по ТУ 14-2-24-72

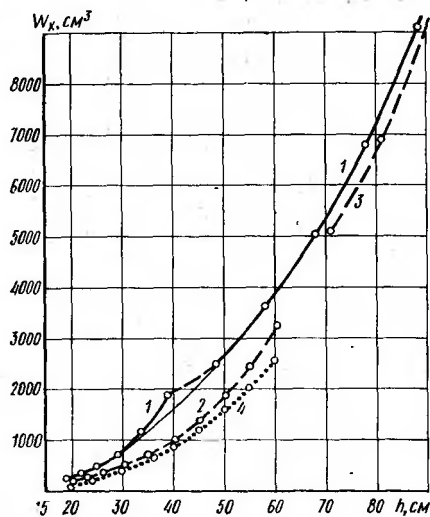


Рис. 59. График зависимости W_x-h

1 — двутавры Ш1; 2 — двутавры Б3; 3 — двутавры Б4 по ТУ 14-2-24-72; 4 — двутавровые балки по ГОСТ 8239-72

Т а б л и ц а 24. Характеристики двутавровых балок по ГОСТ 8239—72* и двутавров Б по ТУ 14-2-24-72

Двутавровые балки по ГОСТ 8239—72*			Заменяющие двутавры Б по ТУ 14-2-24-72			$\frac{W_B}{W_G}$	$\frac{F_B}{F_G}$
№	$W_G, \text{ см}^3$	$F_G, \text{ см}^2$	№	$W_B, \text{ см}^3$	$F_B, \text{ см}^2$		
22	232	30,6	23Б1	234	30,1	1,01	0,98
24	289	34,8	26Б1	312	35,3	1,08	1,01
27	371	40,2	30Б1	424	41,5	1,14	1,03
30	472	46,5	30Б2	471	44,9	1	0,97
33	597	53,8	35Б2	663	54	1,11	1
36	743	61,9	40Б1	799	60,1	1,08	0,97
40	953	72,6	40Б2	928	67	0,97*	0,92
45	1231	84,7	45Б2	1280	82,8	1,04	0,98
50	1589	100	50Б2	1720	101	1,08	1,01
55	2035	118	55Б1	2000	110	0,98*	0,93
60	2560	138	60Б1	2610	131	1,02	0,95

* Допускается перенапряжение 2—3%, но при этом возможна экономия стали 7—8%.

Т а б л и ц а 25. Характеристики широкополочных двутавров Ш1 и нормальных двутавров серий Б3 и Б4 одной номинальной высоты

Двутавры Ш			Двутавры Б			$\frac{W_{Ш1}}{W_B}$	$\frac{F_{Ш1}}{F_B}$
№	$W_{Ш1}, \text{ см}^3$	$F_{Ш1}, \text{ см}^2$	№	$W_B, \text{ см}^3$	$F_B, \text{ см}^2$		
20Ш1	261	37,1	20Б3	213	30,6	1,22	1,21
23Ш1	352	43,9	23Б3	290	36,1	1,21	1,21
26Ш1	501	54,6	26Б3	383	42,2	1,31	1,29
30Ш1	719	67,7	30Б3	521	49,5	1,38	1,37
35Ш1	1180	94	35Б3	734	59,5	1,61	1,58
40Ш1	1790	124	40Б3	1020	73,4	1,76	1,69
50Ш1	2500	143	50Б3	1900	110	1,32	1,3
60Ш1	3680	179	60Б3	3260	159	1,13	1,12
70Ш1	5030	213	70Б4	5130	215	0,98	0,99
80Ш1	6810	258	80Б4	6940	263	0,98	0,98
90Ш1	9120	310	90Б4	9560	327	0,95	0,95
100Ш1	12080	369	100Б4	13060	397	0,92	0,93

дополнительная экономия стали порядка 2,5%; общая экономия стали в среднем на участке 20Б1—60Б1 сортамента оценивается в 7,1%. Эта экономия может быть получена в период установившегося производства новых профилей. В начальный же период производства двутавров Б неизбежна прямая замена стандартных двутавров по ГОСТ 8239—72* двутаврами Б по ТУ 14-2-24-72. В

Рис. 60. Деталь настила рабочих площадок с ребрами из тавров БТ



этих случаях можно воспользоваться рекомендациями табл. 24. При этом экономия стали может составить 2—5%.

Наиболее экономичны по расходу стали нормальные двутавры серий Б1 и Б2. В тех случаях, когда по условиям объемно-планировочных решений высота балок перекрытий ограничена, взамен сварных двутавров можно использовать нормальные двутавры серий Б3 и Б4 или широкополочные двутавры Ш1. Для облегчения выбора наиболее подходящего профиля в табл. 25 приведено сопоставление двутавров Ш1 с двутаврами Б3 и Б4 одной номинальной высоты. Из этой таблицы следует, что двутавры Ш1 до № 60 включительно имеют большую несущую способность, чем двутавры Б3 при той же номинальной высоте. Начиная с № 70 двутавры Ш1 и Б4 одной номинальной высоты имеют примерно одинаковую несущую способность при той же площади сечения. Однако предпочтительнее двутавры серии Б4 как менее трудоемкие в прокатке и несколько более дешевые. Сопоставление указанных двутавров показано на графике зависимости $W-h$ (рис. 59). Из графика следует, что двутавры Ш1 высотой до 600 мм имеют существенно большие значения моментов сопротивления, чем двутавры Б3 той же высоты, а начиная с высоты 700 мм моменты сопротивления двутавров Ш1 и Б4 мало отличаются друг от друга. Двутавровые балки по ГОСТ 8239—72* имеют наименьшую несущую способность при одинаковой высоте профилей.

Стальные настилы рабочих площадок, при необходимости, следует подкреплять ребрами из тавров БТ, привариваемых снизу к настилу (рис. 60).

Стойки рабочих площадок рекомендуется выполнять из двутавров К или Ш.

7. КОНСТРУКЦИИ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В ряде стран стальные каркасы многоэтажных жилых и гражданских зданий решаются в основном из широкополочных двутавров [33]. Колонны, как правило, — из

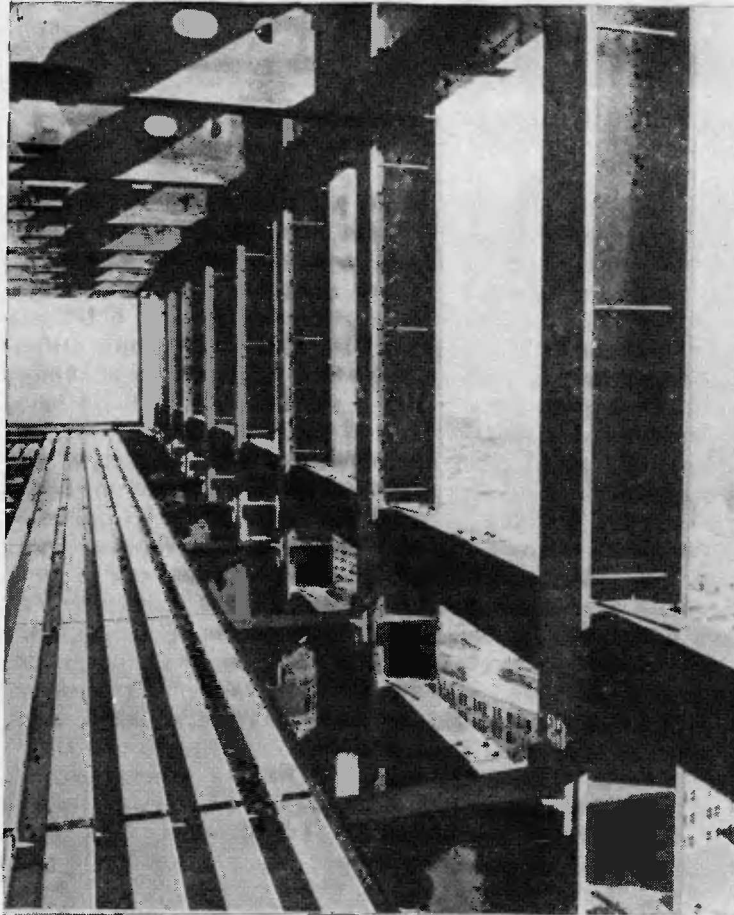


Рис. 61. Каркас многоэтажного здания в процессе возведения

двутавров К; ригели и балки перекрытий — из двутавров Б или Ш или из сквозных двутавров, в пределах стенок которых прокладывают все коммуникации. Пример конструктивного решения каркаса многоэтажного гражданского здания приведен на рис. 61. Монтажные соединения решаются, главным образом, на высокопрочных болтах и реже на сварке.

В Советском Союзе со времени строительства высотных зданий в Москве, где были применены стальные кар-

касы, работы в этой области практически не велись. Представляется целесообразным возобновить разработки конструкций каркасов многоэтажных производственных и гражданских зданий с использованием двутавров с параллельными гранями полок.

8. КОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ

В номенклатуре строительных металлоконструкций значительный объем составляют конструкции таких сооружений, как транспортерные галереи, опоры и эстакады под технологические трубопроводы, мостовые конструкции.

При строительстве транспортерных галерей (отапливаемых и неотапливаемых) с различными ограждающими конструкциями могут быть рационально использованы двутавры и тавры с параллельными гранями полок. Фермы пролетных строений галерей с параллельными поясами высотой 3,3 и 2,5 м всех пролетов могут быть выполнены по типу стропильных ферм, т. е. с поясами из тавров ШТ и с решеткой из уголков. Балки покрытий и полов галерей из горячекатаных или сварных двутавров могут быть заменены двутаврами Б или Ш. Ветви решетчатых опор галерей могут быть приняты из двутавров Б или Ш. В неотапливаемых транспортерных галереях с самонесущими асбестоцементными оболочками, кроме того, возможна замена элементов пола из сварных тавров таврами ШТ, а балок из двух швеллеров с планками — двутаврами Ш.

В конструкциях отдельных опор и эстакад под технологические трубопроводы ветви решетчатых опор следует выполнять из двутавров Б или Ш вместо стандартных двутавровых балок. Пояса ферм пролетных строений — из тавров ШТ вместо уголков. В опорах газопроводов и паропроводов предприятий черной металлургии (серия 3.403-2) рекомендуется маятниковые опоры коробчатого сечения из двух стандартных двутавров, соединенных листами, заменять опорами одностенчатого сечения из одного двутавра К. В плоских решетчатых опорах этой же серии ветви рационально выполнять из двутавров Б вместо стандартных двутавров, в пространственных решетчатых опорах — из двутавров К вместо уголков крестового сечения.

Весьма экономично применение двутавров Б в конструкциях пролетных строений мостов на лесовозных дорогах. По изысканиям, выполненным в ЦНИИпроект-стальконструкция, трудоемкость изготовления таких конструкций снижается на 30—40%, стоимость — до 10%. Использование для этих конструкций сквозных двутавров позволит получить также экономию стали. Сталежелезобетонные пролетные строения автодорожных мостов малых пролетов с главными балками из двутавров Б экономичнее по приведенным затратам на 25—35% по сравнению с традиционными решениями. В облегченных висячих мостах пролетами до 150 м балки жесткости и элементы пилонов могут быть выполнены из двутавров Б или Ш, а при пролетах 63 и 84 м — даже из сквозных двутавров.

ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Для своевременной подготовки к применению двутавров и тавров с параллельными гранями полок в строительных стальных конструкциях было проведено исследование опытных конструкций. Цель исследования состояла в том, чтобы установить действительную несущую способность (по прочности и устойчивости) новых для нашего строительства конструкций и отдельных узлов, а также разработать предложения по технологии их изготовления и сварки. Экспериментальные конструкции были запроектированы из зарубежных двутавров и тавров с параллельными гранями полок.

Размеры (рис. 62) и характеристики профилей выбирались с таким расчетом, чтобы они были близки к профилям, намечаемым к производству, по техническим условиям ТУ 14-2-24-72. Характеристики закупленных за рубежом двутавров и тавров в сопоставлении с аналогичными отечественными профилями приведены в табл. 26 и 27. Импортные профили обозначены индексом «я», остальные профили имеют обозначения по ТУ 14-2-24-72.

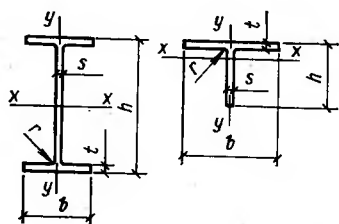


Рис. 62. Сечения импортных профилей

Двутавр 30Б1я и все тавры — из низколегированной стали марки типа 10Г2С1, двутавр 35Б1я — из углеродистой стали марки типа ВСтЗпсб. Из импортных профилей были изготовлены стропильные фермы, примененные в двух объектах, сквозные прогоны пролетом 12 м, примененные в покрытии одного объекта, и опытные образцы подкрановых балок. Ниже приводятся подробные описания этих конструкций.

Т а б л и ц а 26. Сопоставление размеров и характеристик импортных двутавров с параллельными гранями полок и аналогичных двутавров по ТУ 14-2-24-72

№ профиля	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	r, мм	F, см ²	J _x , см ⁴	W _x , см ³
30Б1я	298	149	5,5	8	13	40,8	6 320	424
30Б1	297,6	140	5,8	8,5	13	41,5	6 320	424
35Б1я	346	174	6	9	14	52,7	11 100	641
35Б2	350	155	6	10,5	14	54	11 600	663

Т а б л и ц а 27. Сопоставление размеров и характеристик импортных тавров с параллельными гранями полок и аналогичных тавров по ТУ 14-2-24-72

№ профиля	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	r, мм	F, см ²	i _x , см	i _y , см
17ШТ1я	168	249	8	12	20	44,1	4,47	5,92
17,5ШТ1	169,3	250	8,5	12,8	20	47	4,5	5,96
17ШТ2я	170	250	9	14	20	50,8	4,48	6
17,5ШТ2	170,5	250,9	9,4	14	20	51,6	4,54	5,98
20КТ1я	197	398	11	18	22	93,4	4,68	10,1
20КТ2	198,3	400,6	11,4	18,2	22	95,5	4,75	10,1

1. СТРОПИЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

Запроектированные институтом ЦНИИпроектсталь-конструкция фермы пролетами 24 и 30 м с поясами из импортных тавров и с решеткой из отечественных уголков по ГОСТ 8509—72 были изготовлены на Тульском заводе металлоконструкций Минмонтажспецстроя СССР [25].

В запроектированных новых фермах полностью сохранены геометрические схемы и габаритные размеры, схема решетки и сечения ее элементов, узлы сопряжения ферм со всеми примыкающими конструкциями, как в

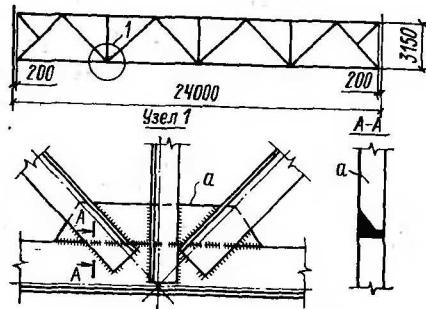


Рис. 63. Экспериментальная стропильная ферма пролетом 24 м

a — узловое уширение-фасонка

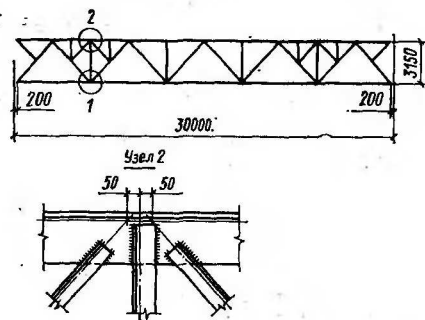


Рис. 64. Экспериментальная стропильная ферма пролетом 30 м. Узел 1 см. на рис. 63

чертежах КМ проекта здания. Заменены только пояса ферм — вместо уголков применены тавры, к стенкам которых приварены встык фасонки — узловые уширения.

Фермы пролетом 24 м (рис. 63) под нагрузку 38,5 кН/м марки ФСя24-3,85-1 применены для покрытия части ремонтно-литейного цеха Чебоксарского завода промышленных тракторов взамен типовых уголковых ферм марки ФС24-3,85-1 в блоках Б10-24, принятых по проекту института Саратовпромпроект.

Верхний пояс фермы ФСя24-3,85-1 выполнен из тавра 17ШТ2я, нижний — из тавра 17ШТ1я (см. табл. 27); решетка из спаренных уголков принята полностью по типовой серии, как в замененных уголковых фермах. Пояса ферм, фасонки и стыковые накладки из низколегированной стали: пояса из стали типа марки 10Г2С1, фасонки и стыковые накладки из стали марки 14Г2, решетки из стали марки ВСтЗпсб. Ферма была расчленена на два отправочных элемента и комплект стыковых накладок. Укрупнительные стыки — на сварке, с предварительной сборкой на болтах. Сопоставление показателей

Таблица 28. Сопоставление технико-экономических показателей ферм ФСя24-3,85-1 и ФС24-3,85-1

Наименование	Масса		Число деталей		Длина сварных швов	
	кг	%	шт.	%	м	%
Ферма из уголков ФС24-3,85-1	3544	100	117	100	78	100
Ферма с поясами из тавров ФСя-24-3,85-1	3082	87	94	80	44	56

фермы с поясами из тавров с показателями замененной типовой фермы приведено в табл. 28.

Фермы пролетом 30 м (рис. 64) под нагрузку 5,55 кН/м марки ФСя30-5,55 (21 шт.) применены в покрытии части здания обогатительной фабрики (2-я очередь) Лебединского горнообогатительного комбината взамен угольковых ферм марки ФС30-5,55, запроектированных институтом Днепрпроектстальконструкция. Верхний и нижний пояса ферм ФСя30-5,55 — из тавров 20КТ1я (см. табл. 27); решетка из парных уголков принята такой же, как в замененных угольковых фермах. Пояса ферм выполнены из стали типа марки 10Г2С1, фасонки и стыковые накладки из стали марки 14Г2, решетка из стали марки ВСтЗпсб.

Ферма была расчленена на три отправочных элемента (длиной 12+6+12 м) и два комплекта стыковых накладок. Укрупнительные стыки — сварные с предварительной сборкой на болтах.

Сопоставление показателей фермы с поясами из тавров с показателями замененной фермы из уголков приведено в табл. 29.

Таблица 29. Сопоставление технико-экономических показателей ферм ФСя30-5,55 и ФС30-5,55

Наименование	Масса		Число деталей		Длина сварных швов	
	кг	%	шт.	%	м	%
Ферма из уголков ФС30-5,55	6860	100	155	100	122	100
Ферма с поясами из тавров ФСя30-5,55	6600 (6100)	96 (89)	140	90	67	55

Необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Применение тавра 20КТ1я для нижнего пояса фермы ФСя30-5,55 было вынужденным из-за ограниченного числа типоразмеров тавров, закупленных за рубежом. Расчетная несущая способность использованного тавра 2700 кН, что на 30% превышает расчетное усилие в нижнем поясе (2080 кН). Здесь вполне достаточно было бы принять тавр типа 25ШТ1 (по ТУ 14-2-24-72) с площадью поперечного сечения 71,5 см². Несущая способность по растяжению такого тавра из стали класса С46/33 составляет ~2080 кН. При такой замене снижение массы нижнего пояса составило бы 500 кг и общая масса фермы не превысила бы 6100 кг (цифры в скобках в табл. 29).

Как следует из сопоставлений, приведенных в табл. 28 и 29, стропильные фермы с поясами из тавров превосходят по всем технико-экономическим показателям фермы из уголков. Снижение массы фермы на 11—13% достигнуто в основном благодаря существенному уменьшению размеров узловых фасонки (узел 1, рис. 63), а также отсутствию прокладок в поясах ферм. В некоторых случаях удается крепить решетку непосредственно к поясу без фасонки (узел 2, рис. 64). В этом узле элементы шпренгеля прикреплены внецентренно к верхнему поясу. Такая расцентровка оказалась допустимой благодаря тому, что усилия в примыкающих раскосах малы, а мощный верхний пояс в этой панели недонапряжен. По трудоемкости изготовления фермы с поясами из тавров также рациональнее уголкового ферм: число деталей меньше на 10—20%, а суммарная длина сварных швов уменьшена на 45%.

При изготовлении ферм с поясами из тавров возможны два варианта приварки узловых уширений к поясам ферм: предварительно до общей сборки фермы или в процессе сборки и сварки фермы. Для экспериментальных ферм был принят второй вариант. По рекомендациям Американского института стальных конструкций (Structural Steel Detailing, 1971), поверхность стыкового шва в прикреплении узловых уширений на участках их пересечения с уголками решетки следует зачищать (шлифовать). В экспериментальных фермах было решено швы приварки узловых уширений к стенкам поясов выполнять заподлицо с основным сечением (без наплыва) с разделкой кромки фасонки (сечение А—А, рис. 63).

Поскольку экспериментальных ферм было сравнительно немного, завод-изготовитель счел нерациональным изготавливать специальные кондукторы и сборку ферм выполняли по копиру. Для его устройства использовали стеллаж из прокатных профилей, к которому были приварены планки для фиксации в пространстве тавровых поясов фермы и элементов решетки.

Сборку и сварку отправочных элементов ферм выполняли в такой последовательности:

укладывали нижние уголки решетки;

укладывали тавровые пояса и притягивали к ним струбцинами уголки решетки;

укладывали узловые фасонки разделкой кромки кверху (сечение $A-A$, рис. 63), притягивали и приваривали их (прихваткой) к стенкам тавров и нижним уголкам решетки;

сваривали встык (со стороны разделанной кромки) узловые фасонки со стенкой тавровых поясов без усиления шва (заподлицо с поверхностью фасонки);

укладывали, притягивали и приваривали (прихваткой) все прокладки (сухари) и верхние уголки решетки;

маркировали и транспортировали собранный отправочный элемент на участок сварки;

приваривали верхние уголки решетки и прокладки, вторично сваривали стыковые швы фасонки и заканчивали их на выводных планках;

кантовали отправочный элемент и приваривали «нижние» уголки решетки и прокладки; подваривали корень стыкового шва фасонки на участках, свободных от уголков решетки.

Отправочные элементы сваривали полуавтоматами в среде углекислого газа.

Опыт изготовления 65 экспериментальных ферм показал, что описанный способ сборки и сварки стропильных ферм не вызывает никаких затруднений и может быть реализован на заводах металлоконструкций. Недостаток этого способа состоит в том, что на участке сборки ферм приходится приваривать фасонки к стенкам тавровых поясов стыковыми швами. Для полного расчленения операций сборки и сварки ферм в дальнейшем, после изготовления экспериментальных ферм, была предложена новая конструкция узлов (см. рис. 42). Некоторое увеличение размеров узловых фасонки компен-

сируется уменьшением длины уголков решетки, поэтому масса фермы практически не изменяется.

В процессе изготовления экспериментальных ферм производилось хронометрирование на операциях сборки и сварки. Результаты хронометража и другие заводские данные по трудоемкости изготовления экспериментальных ферм в сопоставлении с аналогичными показателями ферм из уголков приведены в табл. 30.

Таблица 30. Сопоставление трудовых затрат на изготовление одной стропильной фермы с поясами из тавров (СФя) и фермы, выполненной целиком из уголков (СФ)

Наименование работ	Единица измерения	Пролет 24 м		Пролет 30 м	
		ФС	ФСя	ФС	ФСя
Обработка деталей	чел.-ч	11	7,4	13	11,2
	%	100	67	100	86
Сборка ферм	чел.-ч	8,5	6,8	24,6	21,8
	%	100	80	100	88
Сварка ферм	чел.-ч	6	4,3	17,9	9,3
	%	100	72	100	52
Всего	чел.-ч	25,5	18,5	55,5	42,3
	%	100	72	100	76

Из приведенных показателей следует, что применение поясов из тавров не только существенно снижает массу ферм, особенно пролетом 24 м (см. табл. 28 и 29), но и значительно уменьшает трудоемкость их изготовления. Ферма пролетом 30 м менее характерна, так как она имеет усложненную шпренгелями решетку и неоптимальные сечения поясов — тавры КТ вместо тавров ШТ.

Приведенные в табл. 30 показатели трудоемкости обработки не учитывают трудовые затраты на роспуск двутавров на тавры и последующую их правку, поскольку завод получил готовые импортные товары. В первые годы эксплуатации универсального балочного стана на Новотагильском металлургическом комбинате не будет работать линия по роспуску двутавров на тавры и поэтому операцию разрезки двутавров будут производить непосредственно на заводах металлоконструкций, что приведет к некоторому увеличению трудоемкости изготовления в сравнении с указанной в табл. 30.

Из каждой партии опытных ферм по одному экземпляру было подвергнуто детальным экспериментальным исследованиям.

При испытании ферм статической нагрузкой обе фермы разрушились в результате потери устойчивости из плоскости фермы опорных раскосов при нагрузке, равной: 1,4 расчетной нагрузки фермы ФСя24-3,85-1; 1,47 расчетной нагрузки фермы ФСя30-5,55.

После усиления разрушенных опорных раскосов испытания продолжали с целью установления фактических запасов прочности верхних тавровых поясов ферм. При выходе из строя какого-либо элемента его укрепляли и снова загружали фермы. В результате верхний пояс стропильной фермы ФСя24-3,85-1 потерял устойчивость при нагрузке, равной 1,6 расчетной нагрузки. Верхний пояс стропильной фермы ФСя30-5,55 выдержал нагрузку, в 1,8 раза превышающую расчетную нагрузку, и не разрушился, после чего испытания были прекращены. Столь высокие показатели несущей способности верхних поясов ферм можно объяснить, в частности, тем, что, как показали лабораторные испытания образцов, фактические механические свойства материала импортных тавров (пределы текучести) на 15—20% превосходили нормируемые стандартами показатели. Прогобы обеих экспериментальных ферм оказались в пределах теоретических значений. Кроме описанных экспериментальных ферм, было исследовано еще несколько ферм с поясами из тавров, но с решеткой несколько иной структуры.

На основании анализа результатов экспериментальных исследований стропильных ферм с поясами из тавров можно сделать следующие выводы:

несущая способность (по прочности, устойчивости и жесткости) стропильных ферм с поясами из тавров и с решеткой из парных уголков, соединенной с поясами при помощи узловых уширений (фасонок), превышает расчетную несущую способность;

монтажные стыки поясов ферм, соединения узловых фасонок с поясами ферм, швы прикрепления элементов решетки к поясам и узловым уширениям не имели никаких повреждений при нагрузках, превышающих расчетные нагрузки в 1,6—1,8 раза.

Необходимо еще раз обратить внимание на недопустимость применения в одном отправочном элементе профилей одного номинального размера, отличающихся по

толщине полок менее чем на 2 мм. Так, несмотря на то, что в ферме ФСя24-3,85-1 были применены для поясов тавры 17ШТ2я и 17ШТ1я, разность толщины полок которых составляла 2 мм, были обнаружены отдельные случаи, когда в процессе сборки ферм тавры ошибочно меняли местами.

2. СКВОЗНЫЕ ПРОГОНЫ ПРОЛЕТОМ 12 м

По проекту ЦНИИпроектстальконструкция, на Челябинском заводе металлоконструкций им. Орджоникидзе Минмонтажспецстроя СССР были изготовлены сквозные прогоны пролетом 12 м (рис. 65, а). 106 таких прогонов, рассчитанных на нагрузку 10 кН/м, применены в покрытии одного из корпусов Сафоновского завода пластмасс взамен части типовых решетчатых прогонов ПР-950, принятых по проекту института Госхимпроект.

Прогон запроектирован в виде бистального сквозного двутавра. Верхняя часть (1) сквозных прогонов В22 и В23 выполнена из импортного двутавра 35Б1я из стали марки типа ВСтЗпсб; нижняя часть (2) — из двутавра 30Б1я (см. табл. 26) из низколегированной стали марки типа 10Г2С1. Конструктивные детали из стали марки ВСтЗпсб. По детализированным заводским чертежам КМД масса сквозных прогонов В22 и В23 (450 кг) не отличается от массы замененного решетчатого прогона ПР-950.

Сквозные прогоны изготовляли в такой последовательности:

- 1) разрезка (ропуск) двутавров по зигзагообразной линии (рис. 65, б, в) газорезательной машиной «Одесса» с использованием фотокопира. Для уменьшения деформации разрезанных частей двутавров по концам балок и на некоторых наклонных участках зигзагообразной линии в процессе роспуска оставляли перемычки длиной 300 мм по концам балок и 15—20 мм на наклонных линиях. Эти перемычки разрезали через несколько дней после начального роспуска двутавров. После окончания роспуска двутавра стрелка погиба деформированных половинок составляла 160—180 мм;

- 2) сборка — на монтажном столе с выверенной поверхностью; части двутавров устанавливались на столе по специальным упорам и подставкам, стягивались струбцинами и прихватывались по выступам стенок;

3) сварка — полуавтоматами в среде углекислого газа с кантовкой прогонов и подваркой корня швов.

Описанный способ, характерный для индивидуально- (несерийного) изготовления конструкций, не позволил реализовать особенности этой конструктивной формы, отвечающей возможностям поточного механизированного производства изделий. В институте ЦНИИпроектстальконструкция разработаны предложения по поточному изготовлению сквозных двутавров [34], основанные на оригинальной идее компоновки двутавров из половинок разных двутавров без их кантовки. Заслуживает также внимания описанное в статье [6] предложение по изготовлению сквозных двутавров, которое состоит в том, что исходные двутавры закрепляют в специальном кондукторе, начиная с роспуска двутавров до получения готового изделия. Этот способ применим также при изготовлении бистальных сквозных двутавров.

Сопоставить экспериментальные бистальные сквозные прогоны В22 и В23 с замененными решетчатыми прогонами ПР-950 по трудоемкости изготовления нет возможности из-за принятого способа их изготовления и отсутствия вследствие этого достоверных данных. Масса сквозных прогонов не превышает массу замененных решетчатых прогонов, однако по условиям транспортирования они значительно экономичнее. Для отправки на

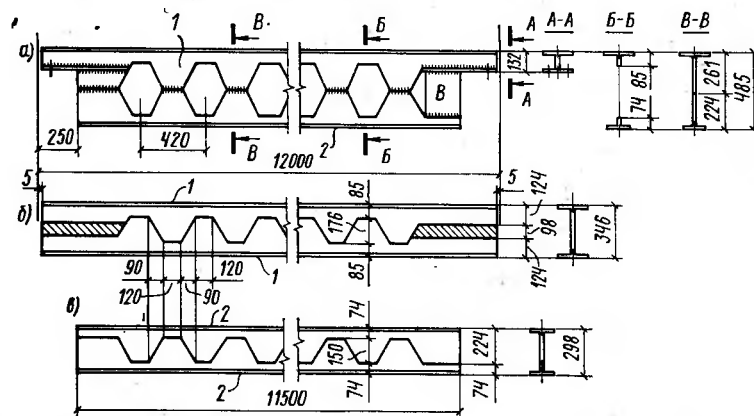


Рис. 65. Сквозной прогон пролетом 12 м (марки В22 и В23)

а — общий вид прогона; В — вставка; б — схема разрезки двутавра 35Б14, заштрихована неиспользуемая часть стенки; в — схема разрезки двутавра 30Б14

строительную площадку экспериментальных сквозных прогонов потребовалась одна платформа, а для перевозки замененных ими решетчатых прогонов пришлось бы загрузить 6—7 железнодорожных платформ.

В целях уменьшения трудоемкости изготовления сквозных двутавров и, в частности, сквозных прогонов в институте ЦНИИпроектстальконструкция разрабатывается совместно с челябинским заводом металлоконструкций им. Орджоникидзе способ односторонней (бескантовочной) сварки таких двутавров.

Помимо экспериментальных сквозных прогонов В22 и В23, было изготовлено несколько опытных образцов бистальных прогонов, в которых варьировались соотношения размеров вырезов в стенках прогонов. Размер участка a (см. рис. 49) должен одновременно отвечать двум противоречивым требованиям: быть минимальным, чтобы уменьшить влияние местного изгиба от поперечной силы, и иметь достаточную протяженность, чтобы обеспечить надежное сопротивление стыковых сварных швов сдвигающим усилиям. Два экземпляра использованных в реальном объекте прогонов В22, а также опытные образцы бистальных прогонов были подвергнуты детальному экспериментальным исследованиям.

Пргоны испытывались попарно на специальном стенде. Равномерно распределенная нагрузка создавалась гидравлическими домкратами через систему балансирующих балок, опиравшихся на стальной профилированный настил, соединявший сжатые полки прогонов. Как показали лабораторные исследования материала исходных двутавров 35Б1я и 30Б1я, предел текучести стали превышал нормируемые стандартные показатели до 20%. Поэтому, хотя испытательная нагрузка превысила в 1,7 раза расчетную нагрузку, довести прогоны до разрушения не удалось. При нагрузке, превышавшей на 15—20% расчетную нагрузку (определенную с учетом действительной прочности материала исходных двутавров), в прогонах не было обнаружено никаких повреждений. Прогибы прогонов практически соответствовали расчетным значениям. На основании этих испытаний можно сделать вывод, что экспериментальные бистальные сквозные прогоны полностью отвечают проектным требованиям по прочности, устойчивости и жесткости.

3. ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ

При изготовлении экспериментальных конструкций с использованием импортных профилей были запроектированы подкрановые балки пролетом 6 м с поясами из тавров и листовой стенкой-вставкой под краны грузоподъемностью 30/5 и 50 т и балка пролетом 12 м.

Опытных образцов подкрановых балок пролетом 6 м (рис. 66) было изготовлено четыре экземпляра:

балка марки БНя-1 без ребер жесткости асимметричного сечения с верхним поясом из тавра 20КТ1я, нижним поясом из тавра 17ШТ1я (см. табл. 27) и стенкой-вставкой 460×10 мм (рис. 66, а); пояса из низколегированной стали марки типа 10Г2С1; стенка — из углеродистой стали марки ВСтЗпс6; балка взаимозаменяема с типовой подкрановой балкой марки К18 (по выпуску III ранее действовавшей серии КЭ-01-57) под краны среднего режима работы грузоподъемностью 30/5 т;

балка марки БНя-2 с ребрами жесткости, асимметричного сечения, с верхним поясом из тавра 20КТ1я, нижним поясом из тавра 17ШТ2я и стенкой-вставкой 650×10 из углеродистой стали (рис. 66, б); балка по своей несущей способности может быть использована под краны грузоподъемностью 50/10 т;

балка марки БНя-3 без ребер жесткости, асимметричного сечения, с верхним поясом из тавра 17ШТ2я, нижним поясом из тавра 17ШТ1я и стенкой-вставкой 700×10 из углеродистой стали; номинальная высота балки 1050 мм;

балка марки БСя-1 с ребрами жесткости, симметричного сечения, с поясами из тавров 17ШТ1я и стенкой-вставкой 700×10 из углеродистой стали; номинальная высота балки 1050 мм.

Сопоставление показателей подкрановой балки БНя-1 с показателями взаимозаменяемой

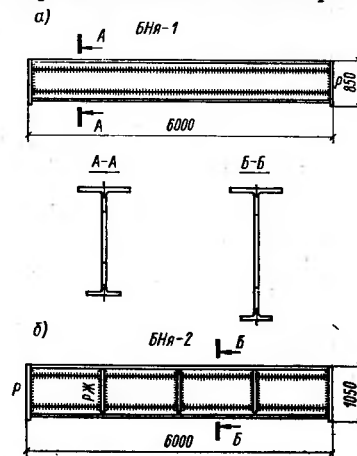


Рис. 66. Подкрановые балки пролетом 6 м с поясами из тавров

Таблица 31. Сопоставление показателей подкрановых балок

Наименование	Масса		Стоимость	
	кг	%	руб.	%
Балка из трех листов К18	905	100	226	100
Балка с поясами из тавров БНя-1	914	101	214	95

подкрановой балки К18, примененной в проекте склада листового проката Узловского машиностроительного завода, приведено в табл. 31.

Несмотря на некоторое увеличение (на 1%) массы балки БНя-1, стоимость ее на 5% ниже стоимости балки К18, что является следствием существенного снижения трудоемкости изготовления балки БНя-1 из-за отсутствия шести ребер жесткости, имеющих в балке К18.

Балки с поясами из тавров изготавливали в такой последовательности:

на монтажном столе, составленном из прокатных двутавров, укладывали стенку-вставку и пояса-тавры и соединяли их прихватками;

устанавливали и приваривали вручную опорные ребра Р (первоначально была сделана попытка сварить стыковые швы балки при отсутствии опорных ребер, но при этом получились большие деформации, в том числе закручивание относительно продольной оси, которое практически устранить невозможно);

сваривали один стыковой шов между стенкой тавра и стенкой-вставкой; сварку производили под слоем флюса на флюсовой подушке сварочным трактором с выносной головкой;

кантовали балку, сваривали второй стыковой шов и подваривали первый стыковой шов;

снова кантовали балку и подваривали второй стыковой шов;

приваривали ребра жесткости.

Изготовленные таким способом подкрановые балки не имели заметных деформаций. Однако этот способ пригоден для индивидуального, мелкосерийного производства. Для массового изготовления необходимо разработать поточные линии.

Испытания экспериментальных конструкций позволяют сделать вывод, что новые конструктивные формы с

использованием двутавров и тавров с параллельными гранями полок отвечают нормируемым требованиям по прочности, устойчивости и жесткости. Эти конструкции могут быть изготовлены на заводах металлоконструкций.

ГЛАВА IV. ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ И КОНСТРУКЦИИ МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИЗ ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ

Применение в строительстве новых двутавров и тавров в больших объемах особенно эффективно при использовании типовых конструкций. В связи с этим институтом ЦНИИпроектстальконструкция разработаны перечисленные ниже конструкции производственных зданий.

Серия 1.424-4. Стальные колонны одноэтажных производственных зданий.

Выпуск 2. Колонны для зданий высотой от 6 до 9,6 м для бескрановых зданий, зданий с подвесным подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью до 3,2 т и с мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т. Чертежи КМ.

Выпуск 4. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 10,8 до 18 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т. Чертежи КМ.

Выпуск 5. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 10,8 до 18 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т: возводимых в районах с расчетной температурой ниже -40°C ; с расчетной сейсмичностью 7,8 и 9 баллов. Чертежи КМ.

Серия 1.423-4. Стальные колонны одноэтажных производственных зданий без мостовых кранов.

Выпуск 1. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 9,6 до 18 м. Чертежи КМ.

Серия 1.426-1.

Выпуск 4. Разрезные подкрановые балки с поясами из тавров пролетами 6 и 12 м под мостовые электрические краны общего назначения грузоподъемностью до 50 т. Чертежи КМ.

Серия 1.460-8. Стальные конструкции покрытий про-

изводственных зданий с применением широкополочных тавров.

Выпуск 1. Покрытия пролетами 18, 24, 30 и 36 м с применением стального профилированного настила для зданий, возводимых в несейсмических районах с расчетной температурой -40°C и выше.

Помимо перечисленных серий, распространяемых Центральным институтом типовых проектов (ЦИТП), в ЦНИИпроектстальконструкция разработаны также другие конструкции массового применения. К ним относятся:

Выпуск ОСП-187. Стальные прогоны производственных зданий. Сквозные прогоны пролетом 12 м. Чертежи КМ. 1977.

Выпуски ОПНК-146, ОТП-2255. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 12 и 18 м с применением балок из широкополочных двутавров (со сквозной стенкой). Технические решения. 1974.

Выпуск ОПНК-193. Стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий пролетами 18 м с применением балок со сквозной стенкой (из широкополочных двутавров) для труднодоступных районов строительства. Чертежи КМ. 1976.

Ниже приводятся подробные описания перечисленных конструкций.

Типовые стальные конструкции и другие описанные ниже конструкции следует применять в строгом соответствии с «Техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов» (ТП 101-76).

1. КОЛОННЫ

Серия 1.424-4. Выпуск 2. Колонны для зданий высотой от 6 до 9,6 м: для бескрановых зданий, зданий с подвесным подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью до 3,2 т и с мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т.

Приведенные в выпуске рабочие чертежи КМ колонн разработаны в двух вариантах: из сварных двутавров, из горячекатаных двутавров с параллельными гранями полок по ТУ 14-2-24-72.

По конструктивному решению колонны 2-го варианта подразделяются на колонны для бескрановых зданий (и зданий с подвесными кранами) (см. рис. 17, 22, 28) и

Т а б л и ц а 32. Сочетание номинальных высот зданий с грузоподъемностью кранового оборудования

Номинальная высота, м	Краны			Номинальная высота, м	Краны		
	без кранов	подвесные 2×2 т или 1×3,2 т	мостовые 10—20 т		без кранов	подвесные 2×2 т или 1×3,2 т	мостовые 10—20 т
6	+	+	—	8,4	+	+	+
7,2	+	+	—	9,6	—	—	+

колонны для зданий с мостовыми кранами (см. рис. 19, 23, 30).

Выбор необходимых типоразмеров колонн и элементов связей следует производить по объемно-планировочным параметрам и характеристикам проектируемого здания на основе статических расчетов поперечных рам и продольных вертикальных связей с учетом следующих данных:

Объемно-планировочные параметры зданий

Пролеты	18 и 24 м
Число пролетов	1 или более
Наличие фойерей:	
в однопролетных зданиях	зенитные или без фойерей
в многопролетных зданиях	зенитные или светоаэрационные
Расположение кранов:	
подвесных	2 или 1 в пролете
мостовых	в один ярус
Шаги колонн:	
в зданиях без кранов и с подвесными кранами:	
крайних рядов	6 м
средних рядов	12 м
в зданиях с мостовыми кранами:	
крайних и средних рядов	12 м
Шаги стропильных ферм	6 или 12 м
Высоты (верх колонн):	
зданий без кранов и с подвесными кранами	6; 7,2 и 8,4 м
зданий с мостовыми кранами	8,4 и 9,6 м
Заглубление колонн (от уровня пола):	
зданий без кранов и с подвесными кранами	200 мм
зданий с мостовыми кранами	600 мм

Продолжение

<p>Расчетная схема каркаса</p> <p>Районы возведения зданий</p> <p>Расчетная температура наружного воздуха</p> <p>Сейсмичность</p> <p>Нагрузки</p> <p>ветровая</p> <p>снеговая</p> <p>от подвесных кранов</p> <p>от мостовых кранов легкого и среднего режимов работы грузоподъемностью</p> <p>Смежные конструкции</p> <p>Покрытие</p> <p>Подкрановые балки разрезные (без проходов вдоль подкрановых путей)</p> <p>Ограждающие конструкции</p> <p>Покрытия</p> <p>Стены</p> <p>Конструктивные решения</p> <p>Колонны сплошного сечения постоянной ширины из двутавров Ш: для зданий без кранов и с подвесными кранами</p> <p>для зданий с мостовыми кранами</p> <p>Связи</p> <p>Число типоразмеров колонн: для зданий без кранов и с подвесными кранами:</p> <p>колонны крайних рядов</p> <p>» средних »</p> <p>для зданий с мостовыми кранами:</p> <p>колонны крайних рядов</p> <p>» средних »</p> <p>Материал конструкций</p> <p>Стержни колонн для зданий без кранов и с подвесными кранами (за исключением 4 типоразмеров из 26) и связи</p>	<p>рама с колоннами, жестко заделанными внизу и шарнирно сопряженными сверху</p> <p>—40° С и выше</p> <p>менее 7 баллов</p> <p>I—IV районы</p> <p>I—IV »</p> <p>2×2 или 1×3,2 т</p> <p>до 20 т</p> <p>} стальные конструкции</p> <p>стальной профилированный настил</p> <p>легкие металлические</p> <p>35Ш—60Ш</p> <p>50Ш—80Ш</p> <p>из уголков</p> <p>13</p> <p>13</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>сталь класса С38/23 (марок ВСтЗпс6 и ВСтЗкп2)</p>
---	--

Продолжение

Опорные плиты всех колонн и стержни 4 типоразмеров колонн	сталь класса С46/33 (марок 14Г2 и 10Г2С1)
Стержни и подкрановые консоли всех колонн зданий с мостовыми краями	сталь класса С46/33 (марок 14Г2 и 10Г2С1)
Остальные детали и связи	сталь класса С38/23 (марок ВСтЗпсб и ВСтЗкп2)

Дополнительные условия: принятое сочетание высот и кранов приведено в табл. 32; колонны выпуска 2 можно применять и в V снеговом районе при условии, что расчетные усилия не выходят за пределы несущей способности включенных в сортament колонн; выпуском предусмотрена также навеска железобетонных стеновых панелей.

Серия 1.423-4. Выпуск 1. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 9,6 до 18 м.

Рабочие чертежи КМ колонн разработаны для зданий без кранов или с подвесными кранами (см. рис. 18, 29 и 33). Выбор необходимых профилазмеров колонн, схемы и элементов связей следует производить по объемно-планировочным параметрам проектируемого здания на основе статического расчета поперечной рамы и продольных вертикальных связей с учетом следующих данных:

Объемно-планировочные параметры зданий

Пролеты	18, 24, 30 и 36 м (в любом сочетании)
Число пролетов	один или более
Наличие фонарей	без фонарей или с зенитными, светоаэрационными или аэрационными фонарями
Высоты (верх колонн)	9,6; 10,8; 12; 13,2; 14,4; 15,6; 16,8 и 18 м
Шаги колонн:	
по крайним рядам	6 м
по средним рядам:	
при высотах 9,6 и 10,8 м	6 или 12 м
при высотах 12—18 м	12 м
Заглубление колонн (от уровня пола)	600 мм
Шаги стропильных ферм	6 или 12 м
Расчетная схема каркаса	рама с колоннами, жестко заделанными внизу и шарнирно сопряженными сверху

Районы возведения зданий

Расчетная температура наружного воздуха:

для отапливаемых зданий	—40° С и выше
для неотапливаемых зданий	—30° С и выше
Сейсмичность	менее 7 баллов

Нагрузки

Ветровая	I—IV районы
Снеговая	I—IV »
От подвесных кранов грузоподъемностью	до 5 т
Смежные конструкции покрытия	по типовым сериям 1.460-2; 1.460-4; 1.460-5; 1.460-8
Ограждающие конструкции покрытия	стальной профилированный настил или железобетонные плиты

Конструктивные решения

Колонны сквозные из двух двутавров Б, постоянной ширины (800 мм по осям ветвей), с безраскосной решеткой — планками из швеллеров с шагом 1200 мм:

ветви крайних колонн	20Б—55Б
» средних колонн	20Б—70Б
«планки»	[12—24]

Число типоразмеров колонн:

крайних рядов	60
средних рядов	66

Материал конструкций

Стержни колони	сталь класса С46/33 (марка 14Г2-6)
Остальные детали колонн и связи	сталь класса С38/23 (марка ВСтЗкп2)

Дополнительные условия: колонны высотой более 12,6 м следует расчленять на два отпавочных элемента; колонны этого выпуска можно применять и в V снеговом районе при условии, что расчетные усилия не выходят за пределы несущей способности включенных в сортамент колонн.

Серия 1.424-4. Выпуск 4. Колонны с применением широкополочных двутавров для зданий высотой от 10,8 до 18 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т.

Приведенные в выпуске рабочие чертежи КМ колонн разработаны двух типов: для зданий без проходов вдоль подкрановых путей (см. рис. 20, 24, 25, 30, 31, 34); для зданий с проходами вдоль подкрановых путей (см. рис. 21, 24, 25, 30, 32, 34).

Выбор необходимых типоразмеров колонн и вертикальных связей производится по объемно-планировочным параметрам проектируемого здания и по усилиям, полученным из статического расчета поперечной рамы и продольных связей на основе следующих данных:

Объемно-планировочные параметры зданий

Пролеты	18, 24, 30 и 36 м в любом сочетании
Число пролетов	один или более
Наличие фонарей	без фонарей или с зенитными, светоаэрационными или аэрационными фонарями
Расположение кранов	в один ярус
Высоты (верх колонн)	10,8; 12; 13,2; 14,4; 15,6; 16,8 и 18 м
Шаги колонн крайних и средних рядов	12 м
Заглубление колонн (от уровня пола)	600 мм
Шаги стропильных ферм	6 или 12 м
Расчетная схема каркаса	рама с колоннами, жестко заделанными внизу и шарнирно сопряженными вверху

Районы возведения зданий

Расчетная температура наружного воздуха:	
для отапливаемых зданий	—40° С и выше
» неотапливаемых »	—30° С и »
Сейсмичность	менее 7 баллов

Нагрузки

Ветровая	I—IV районы
Снеговая	I—IV »
Крановая — мостовые краны легкого, среднего и тяжелого режимов работы грузоподъемностью	до 50 т

Смежные конструкции

Покрытия	по типовым сериям 1.460-2; 1.460-3; 1.460-4; 1.460-5; 1.460-8
Подкрановые балки разрезные	по типовой серии 1.426-1, выпуски 1 и 4

Продолжение

Ограждающие конструкции

Покрытия	стальной профилированный настил или железобетонные плиты
Стены	легкие или из сборных же- лезобетонных панелей

Конструктивные решения

Колонны ступенчатого типа из
двух частей:

надкрановая часть	сплошного постоянного се- чения
подкрановая »	решетчатая с ветвями из двух двутавров
Соединение частей на сварке .	в зависимости от длины: на заводе-изготовителе или на монтажной площадке
Сечения основных элементов:	
надкрановая часть	двутавры Ш: 40Ш—60Ш
ветви подкрановой части . . .	» Б или Ш: 30Б— 60Б и 60Ш
решетка подкрановой части и связи	уголки
Высота:	
надкрановой части	3,9 и 5,1 м
подкрановой части	6,9; 8,1; 9,3; 10,5; 11,7 и 12,9 м
Число типоразмеров:	
надкрановая часть:	
крайних рядов	5
средних рядов без проходов	6
» » с проходами	5
подкрановая часть:	
крайних рядов без проходов	32
» » с проходами	31
средних рядов без проходов	37
» » с проходами	35

Материал конструкций

Надкрановая часть; ветви, тра- версы и решетка подкрановой части	сталь класса С46/33
Остальные детали и связи . . .	» » С38/23

Дополнительные условия: колонны этого выпуска можно
применять и в V снеговом районе при условии, что расчетные
усилия не превосходят пределы несущей способности колонн,
указанные в сортаментах выпуска 4.

Серия 1.424-4. Выпуск 5. Колонны с применением прокатных широкополочных двутавров для зданий высотой от 10,8 до 18 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т, возводимых в районах с расчетной температурой ниже -40°C ; с расчетной сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Рабочие чертежи КМ колонн разработаны применительно к зданиям без проходов вдоль подкрановых путей (см. рис. 20, 24, 25, 30, 31) и с проходами вдоль подкрановых путей (см. рис. 21, 24, 25, 30, 32).

Выбор необходимых типоразмеров надкрановых и подкрановых частей колонн и элементов связей следует производить по объемно-планировочным параметрам и характеристикам проектируемого здания на основе расчетов его поперечных рам и продольных вертикальных связей с учетом следующих данных:

Объемно-планировочные параметры зданий

Пролеты	18, 24, 30 и 36 м в любом сочетании
Число пролетов	1 или более
Расположение кранов	в один ярус
Шаги колонн—крайних и средних рядов	12 м (при шаге стропильных ферм 6 или 12 м)
Высота (верх колонн)	10,8; 12; 13,2; 14,4; 15,6; 16,8 и 18 м
Заглубление колоны (от уровня пола)	600 мм
Максимальные расстояния между антисейсмическими швами при сейсмичности:	
7 баллов	144 м
8 »	120 »
9 »	96 »
Расчетная схема каркаса	рама с колоннами, жестко заделанными внизу и шарнирно сопряженными сверху

Районы возведения зданий

Расчетная температура наружного воздуха: при сейсмичности менее 7 баллов:

для отапливаемых зданий	от -40 до -65°C
» неотапливаемых »	от -40 до -50°C

при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов:

Продолжение

для отапливаемых зданий	—40° С и выше
» неотапливаемых »	—30° С » »
Сейсмичность:	
при температурах ниже —40° С	менее 7 баллов
при температурах —40° С и выше	7, 8 и 9 »
Нагрузки	
Ветровые	I—IV районы
Снеговая при сейсмичности:	
7—8 баллов	I—IV »
9 »	I—III »
Крановая — мостовые краины легкого, среднего и тяжелого режимов работы грузоподъемностью	до 50 т
Смежные конструкции	
Покрытия (с фонарями и без фонарей)	по типовой серии 1.460-4
Подкрановые балки разрезные	» » » 1.426-1, выпуски 1 и 4
Ограждающие конструкции	
Покрытия:	
при расчетной температуре наружного воздуха ниже —40° С	стальной профилированный настил или железобетонные плиты
при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов	стальной профилированный настил
Стены	легкие или из сборных железобетонных панелей
Конструктивные решения	
Колонны ступенчатого типа из двух частей:	
надкрановая	сплошного постоянного сечения
подкрановая	решетчатая с ветвями из двух двутавров
Соединение частей на сварке	в зависимости от длины: на заводе-изготовителе или на монтажной площадке
Сечения основных элементов:	
надкрановая часть	двутавры III: 40Ш—60Ш
ветви подкрановой части	» Б или III: 30Б—60Б и 60Ш
решетка подкрановой части и связи	уголки

Продолжение

Высота:	
надкрановой части	3,9 и 5,1 м
подкрановой »	6,9; 8,1; 9,3; 10,5; 11,7 и и 12,9 м
Число типоразмеров (для сей- смических районов + для райо- нов с температурой ниже —40° С):	
надкрановая часть:	
крайних рядов	5+5
средних рядов без проходов	6+6
» » с проходами	5+5
подкрановая часть:	
крайних рядов без проходов	32+32
» » с проходами .	31+31
средних рядов без проходов	37+37
» » с проходами	35+35
Материал конструкций	
Для районов с расчетной тем- пературой ниже —40° С	сталь класса С46/33
Для районов с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов:	
надкрановая часть, ветви, траверсы и решетка подкра- новой части	сталь класса С46/33
остальные детали и связи .	» » С38/23

Дополнительные условия: при применении этого выпуска
следует пользоваться также выпуском 4 данной серии.

2. ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ

Серия 1.426-1. Выпуск 4. Разрезные подкрановые балки с поясами из тавров пролетами 6 и 12 м под мостовые электрические краны общего назначения грузоподъемностью до 50 т.

В выпуске приведены рабочие чертежи КМ подкрановых балок пролетами 6 и 12 м (рис. 67), тормозных конструкций, связей и различных деталей. При применении выпуска необходимо одновременно пользоваться выпуском 1 этой же серии для повторяющихся узлов и деталей.

Подкрановые балки выпуска 4 могут применяться в зданиях пролетами 18, 24, 30 и 36 м:

со стальными или железобетонными колоннами с шагом 6 или 12 м;

с кранами легкого, среднего и тяжелого режимов работы;

без проходов вдоль подкрановых путей;
с проходами вдоль подкрановых путей при стальных колоннах;

возводимых в несейсмических районах и в районах с расчетной сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов;

расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха до -65°C .

Подкрановые балки пролетом 6 м запроектированы асимметричного сечения типов:

номинальной высотой 800 мм без ребер жесткости под краны грузоподъемностью до 20 т включительно (рис. 67, а);

номинальной высотой 1300 мм с ребрами жесткости под краны грузоподъемностью 30—50 т (рис. 67, б).

Верхние пояса всех балок пролетом 6 м — из тавров КТ; нижние пояса: балок высотой 800 мм — также из тавров КТ, балок высотой 1300 мм — из тавров БТ. Стенки-вставки из полос толщиной 8 и 10 мм.

Всего по сечению 9 типов балок: 6 для номинальной высоты 800 мм и 3 — для номинальной высоты 1300 мм. Масса балок пролетом 6 м от 560 до 1230 кг.

Подкрановые балки пролетом 12 м запроектированы симметричного сечения (рис. 67, в). Верхние и нижние пояса всех балок из тавров КТ. Стенки-вставки из по-

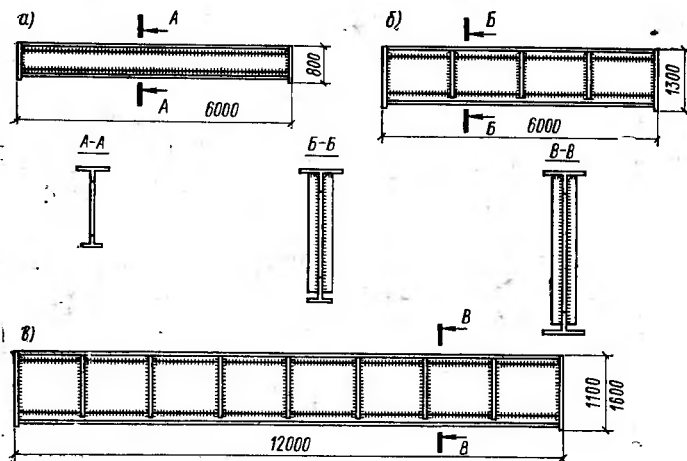


Рис. 67. Типовые разрезные подкрановые балки с поясами из тавров

а — пролетом 6 м без ребер жесткости под краны грузоподъемностью до 20 т;
б — пролетом 6 м под краны грузоподъемностью 30—50 т; в — пролетом 12 м

дос толщиной 8, 10, 12 и 14 мм. Балки приняты двух номинальных высот: 1100 мм для балок под краны грузоподъемностью до 20 т включительно и 1600 мм — под краны грузоподъемностью 30—50 т. Всего по сечению 9 типов балок: 5 высотой 1100 мм и 4 высотой 1600 мм. Масса балок от 1715 до 3885 кг.

По материалу балки запроектированы трех типов: моностальные целиком из стали класса С38/23; то же, из стали класса С46/33; бистальные — пояса из стали класса С46/33, стенка-вставка из стали класса С38/23.

При расчетной температуре наружного воздуха -40°C и выше применяются моностальные балки из стали класса С38/23 и бистальные балки; в отдельных случаях применяются также моностальные балки из стали класса С46/33. При расчетной температуре наружного воздуха ниже -40°C до -65°C применяются только моностальные балки из стали класса С46/33.

3. ПОКРЫТИЯ

Серия 1.460-8. Выпуск 1. Покрытия пролетами 18, 24, 30 и 36 м с применением стального профилированного настила для зданий, возводимых в сейсмических районах с расчетной температурой -40°C и выше.

В выпуске приведены рабочие чертежи КМ стальных конструкций покрытий применительно к зданиям:

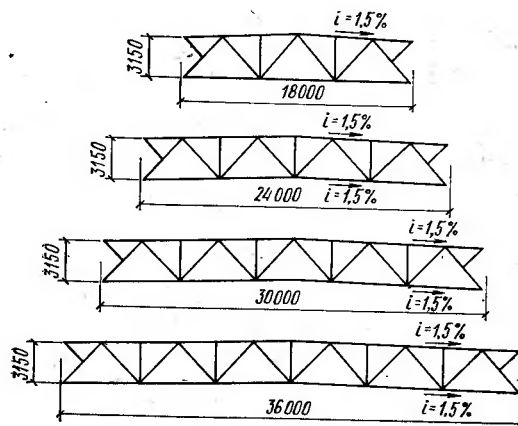


Рис. 68. Схемы типовых стропильных ферм пролетами 18—36 м с поясами из тавров

одно- и многопролетным с пролетами 18, 24, 30 и 36 м в любом сочетании;

с железобетонными или стальными колоннами с шагом 6 или 12 м по крайним и средним рядам высотой (верх колонн) до 18 м;

бесфонарным или со светоаэрационными фонарями; бескрановым, с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т, с мостовыми кранами легкого, среднего и тяжелого режимов работы;

с шагом ферм 6 или 12 м (при подвесных кранах шаг только 6 м);

с шарнирным сопряжением ферм с колоннами;

возводимым в районах с сейсмичностью менее 7 баллов в I—IV ветровых районах и в I—V снеговых районах..

Стропильные фермы (рис. 68) запроектированы с параллельными поясами с уклоном верхнего и нижнего поясов 1,5%. Нижний пояс стропильных ферм пролетом 18 м горизонтальный (без уклона). Номинальная высота всех ферм на опоре (по обушкам поясов) 3150 мм.

Пояса всех ферм из тавров ШТ, решетка из уголков. Опорные стойки (надколонники) всех ферм из двутавров Б.

Число типоразмеров стропильных ферм и их основные характеристики приведены в табл. 33.

Т а б л и ц а 33. Перечень типоразмеров стропильных ферм

Наименование	Пролеты, м			
	18	24	30	36
Число типоразмеров ферм:				
без подвесных кранов	7	8	7	8
при подвесных кранах ¹	12	10	8	10
Расчетная нагрузка, кН/м	15,5—100	16—96	18—93,5	20—84
Масса ферм для зданий без подвесных кранов, т	1,25—2,62	1,76—5,32	2,54—9,68	3,87—13,55
То же, при подвесных кранах	1,5—2,12	2,3—3,8	2,82—5,4	4,2—8,2

¹ Типоразмеры ферм с подвесными кранами отличаются от остальных ферм наличием дополнительных элементов решетки в узлах крепления балок путей подвесных кранов.

Подстропильные фермы (см. рис. 41) запроектированы треугольной схемы. Нижние пояса ферм из тавров ШТ, верхние — из уголков, средняя стойка из двутавра 35Ш. Сортамент подстропильных ферм содержит пять типоразмеров под нагрузки 690—1720 кН. Масса ферм 1750—2640 кг.

Остальные элементы конструкций покрытий — прогоны, вертикальные и горизонтальные связи не отличаются от принятых в типовых сериях конструкций покрытий с фермами из уголков.

Материал конструкций — пояса стропильных и подстропильных ферм, узловые фасонки и стыковые накладки ферм — из стали класса С46/33; элементы решетки стропильных ферм, опорные стойки, средние стойки подстропильных ферм — из стали класса С38/23. Стропильные фермы пролетом 18 м под нагрузки 15,5; 25,5 и 35 кН/м и пролетом 24 м под нагрузки 16 и 24 кН/м целиком из стали класса С38/23.

Выпуск ОСП-187. Сквозные прогоны пролетом 12 м. В выпуске приведены рабочие чертежи КМ сквозных прогонов покрытия (см. рис. 48, в и 53) с применением стального профилированного настила и вертикальных связей (см. рис. 54). Они разработаны применительно к следующим зданиям:

отапливаемым, без перепада высот кровли;
 возводимым в I—IV ветровых районах, в I—V снеговых районах при бесфонарных покрытиях или при зенитных фонарях; в I—IV снеговых районах при светоаэрационных фонарях;

Т а б л и ц а 34. Характеристика сквозных прогонов

Марка прогона	Расчетная нагрузка, кН/м	Полная высота прогона, мм	Высота опорной части, мм	Масса, кг
ПС-520	5,2	396	162	352
ПС-650	6,5	418	162	376
ПС-860	8,6	455	162	407
ПС-100	10	485	162	441
ПС-1160	11,6	486	182	469
ПС-1450	14,5	559	182	532
ПС-1900	19	598	202	643
ПС-2250	22,5	635	202	709

возводимым в районах с расчетной температурой наружного воздуха -40°C и выше.

Прогоны запроектированы восьми типоразмеров, компонуемых из шести двутавров Б (23Б—45Б); их основные показатели приведены в табл. 34.

Сквозные прогоны запроектированы бистальными: верхняя часть из стали класса С38/23 (ВСтЗкп2), нижняя — из стали класса С46/33 (14Г2-6).

Покрытия пролетами 12 и 18 м. Выпуск ОПНК-146
ОТП-2255

Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 12 и 18 м с применением балок из широкополочных двутавров (со сквозной стенкой).

В выпуске приведены технические решения конструкций покрытий со стропильными балками из сквозных бистальных двутавров (см. рис. 47, 48, 55). Они разработаны применительно к зданиям со следующими параметрами: пролеты 12 и 18 м; кровля плоская без фонарей или с зенитными фонарями; в здании пролетом 18 м подвесной кран; колонны железобетонные или стальные с шарнирным опиранием на них стропильных балок; шаг колонн крайних и средних рядов 6 м; покрытия с применением стального профилированного настила или железобетонных плит.

Рассмотрены различные варианты схем покрытия [с шагом стропильных балок 6 и 3 м (беспрогонное решение)], и на основе технико-экономического анализа установлено, что покрытия со стальными сквозными балками рационально применять вместо сборных железобетонных стропильных балок в районах с высоким уровнем оптовых цен на сборный железобетон и в труднодоступных районах строительства.

Приведены чертежи бистальных сквозных стропильных балок пролетами 12 и 18 м и чертежи компоновки конструкций покрытий в различных вариантах. Даны подробные технико-экономические сопоставления рассмотренных вариантов.

Покрытия пролетами 18 м. Выпуск ОПНК-193. Стальные конструкции покрытий одноэтажных зданий пролетами 18 м с применением балок со сквозной стенкой (из широкополочных двутавров) для труднодоступных районов строительства.

Выпуск содержит рабочие чертежи КМ конструкций покрытий, сортаменты и рабочие чертежи стропильных

и подстропильных балок, элементов связей и различные детали. Эти конструкции предназначены к применению в зданиях:

расположенных в труднодоступных районах с расчетной сейсмичностью менее 7 баллов и расчетной температурой наружного воздуха -40°C и выше;

возводимых в I—IV ветровых и I—V снеговых районах;

одно- или многопролетных с кровлей в одном уровне (без перепадов), без фонарей или с зенитными фонарями;

с железобетонными или стальными колоннами с шагом 6 или 12 м по крайним и средним рядам;

высотой (верх колонн) не более 12 м;

бескрановых или с одним подвесным краном пролетом 15 м грузоподъемностью 1,2; 3,2 или 5 т;

с применением в покрытии стального профилированного настила или железобетонных плит 6×3 м;

с уклоном кровли 1,5% и внутренним водоотводом.

Конструкции применимы также взамен сборных железобетонных в районах, перечисленных в Приложении 1 к «Техническим правилам по экономному расходованию основных строительных материалов» (ТП 101-76).

Рекомендуются варианты компоновки конструкций покрытия, приведенные в табл. 35.

Выбор варианта определяется на основе технико-экономических сопоставлений с учетом требований ТП 101-76.

Таблица 35. Варианты схем покрытия зданий пролетами 18 м

Вариант	Тип покрытия	Подвесные краны	Шаг стропильных балок, м	Шаг колонн, м	
				крайних	средних
1	Железобетонные плиты 6×3 м	Есть	6	6	6 или 12
2	Стальной профилированный настил	Есть	6	6	6 или 12
3		Нет	12*	12	12
4		»**	3	6	6 или 12

* С применением сквозных прогонов пролетом 12 м.

** В отдельных случаях возможно применение подвесных кранов.

Стропильные балки запроектированы из двух отпавочных элементов длиной 9 м, соединяемых на монтаже высокопрочными болтами. Подстропильные балки пролетом 12 м — также сквозные трех типоразмеров массой 1410—1890 кг. Подстропильные балки пролетом 6 м (для варианта 4) сплошного сечения из двутавров Б пяти типоразмеров (для крайних и средних рядов) массой 310—600 кг. Стропильные балки для шага 6 и 12 м — шести типоразмеров под нагрузки 14—42 кН/м, массой 1410—1890 кг. Для шага 3 м стропильные балки имеют на опоре пониженную высоту — 270 мм по типу опоры сквозного прогона (см. рис. 53); число типоразмеров этих балок под нагрузки 10—15,5 кН/м всего три массой 1115—1510 кг.

Материал конструкций бистальных сквозных стропильных и подстропильных балок: верхняя часть из стали класса С38/23, нижняя — из стали класса С46/33. Подстропильные балки пролетом 6 м из стали класса С46/33.

4. НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ТИПИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ

Для рационального и полноценного использования двутавров и тавров с параллельными гранями полков необходимо продолжить работы по типизации стальных конструкций.

В первую очередь представляется необходимым разработать следующие типовые конструкции с использованием двутавров и тавров с параллельными гранями полков:

покрытия зданий пролетами 18, 24, 30 и 36 м:

с железобетонными плитами;

для районов с расчетной температурой наружного воздуха —40° С и ниже;

сквозные прогоны пролетом 12 м:

для районов с расчетной сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов;

для районов с расчетной температурой наружного воздуха —40° С и ниже;

каркасы многоэтажных производственных и гражданских зданий;

транспортные галереи отапливаемые и неотапливаемые;

стойки продольных и торцевых фахверков;
опоры и пролетные строения для трубопроводов;
балки со сквозной стенкой для покрытий пролетами
12 и 18 м;
технические решения и рабочие чертежи:
пролетных строений мостов на лесовозных автодо-
рогах;
пролетных строений сталежелезобетонных мостов;
облегченных висячих мостов малых габаритов (про-
леты 60—150 м).

ГЛАВА V. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДВУТАВРОВ И ТАВРОВ

Одним из важнейших направлений повышения техниче-
ского уровня в области строительных стальных
конструкций является применение экономичных профи-
лей проката и в том числе двутавров и тавров с парал-
лельными гранями полков [20].

Эффект от использования в строительных стальных
конструкциях двутавров и тавров с параллельными гра-
нями полков достигается благодаря существенному сни-
жению трудоемкости изготовления конструкций, сни-
жению массы конструкций, уменьшению транспортных
расходов.

К конструкциям, в которых применение двутавров
приводит к существенному снижению трудоемкости из-
готовления при практическом равенстве масс новых и
заменяемых конструкций, относятся: колонны, балки
перекрытий и рабочих площадок (частично), опоры тру-
бопроводов и транспортерные галереи, опоры (пилоны)
мостов и опоры эстакад. В этих конструкциях сварные
двутавры заменяются горячекатаными двутаврами без
заметного изменения массы. По исследованиям Я. М.
Лихтарникова [16], снижение трудоемкости изготовления
колонн составит 35—45%, а балок (благодаря отсут-
ствию ребер жесткости) 50—55%. В среднем снижение
трудоемкости изготовления колонн и балок при замене
сварных двутавров горячекатаными двутаврами с парал-
лельными гранями полков оценивается автором [16] в
50%. По исследованиям института Промстальконструк-
ция, на основе разработанных детализированных чертежей

КМД различных колонн трудоемкость изготовления колонн при замене сварных двутавров горячекатаными снижается на 30—50%.

К конструкциям, в которых использование новых профилей приводит к снижению трудоемкости изготовления, относятся подкрановые балки. Они представляют собой сварной двутавр, поясами которого служат тавры, а стенку образует вставка из полосы; такой двутавр заменяет сварную балку из трех листов. Благодаря переносу сварных швов из наиболее напряженной части балки в менее напряженную зону долговечность и надежность новых балок существенно повышается. Отметим, что замена четырех угловых швов в традиционной балке двумя стыковыми швами, а также упразднение правки грибовидности, неизбежной при сварных двутаврах из трех листов, приводит к заметному снижению трудоемкости изготовления подкрановых балок с поясами из тавров. По упоминавшимся уже исследованиям института Промстальконструкция, снижение трудоемкости изготовления подкрановых балок оценивается в 15%.

К конструкциям, в которых применение двутавров и тавров с параллельными гранями полок взамен традиционных профилей (уголков и сварных двутавров) приводит одновременно и к снижению трудоемкости изготовления, и к заметному уменьшению расхода стали, относятся: стропильные и подстропильные фермы; пролетные строения, несущие трубопроводы, пролетные строения мостов, эстакад и транспортерных галерей. В этих конструкциях снижение трудоемкости изготовления достигается благодаря, главным образом, существенному уменьшению размеров и числа узловых фасонок, сокращению числа прокладок и других конструктивных деталей, уменьшению почти вдвое длины сварных швов. Уменьшение размеров и числа узловых фасонок и конструктивных деталей приводит также к снижению массы конструкций. На основе анализа заводских показателей относительное снижение трудоемкости изготовления стропильных ферм с поясами из тавров в сравнении с традиционными (типовыми) фермами из уголков оценивается в 20—25%. Экономия стали составляет 12—15% при замене ферм из уголков фермами с поясами из тавров. Приведенные показатели могут быть использованы с некоторыми поправками также при определе-

нии технико-экономических показателей остальных конструкций этой группы.

Балки перекрытий и рабочих площадок, балки покрытий и полов транспортерных галерей, балки пролетных строений мостов и другие, выполняемые из двутавровых балок по ГОСТ 8239—72*, могут быть заменены двутаврами с параллельными гранями полок типа Б. При этом может быть получена экономия стали порядка 4—5% при сохранении практически той же трудоемкости изготовления указанных конструкций.

К конструкциям, в которых могут быть использованы сквозные двутавры взамен традиционных решений, относятся стойки фахверков и конструкций градирен. В этих конструкциях может быть получена некоторая экономия стали. Так, для стоек продольных и торцовых фахверков часто определяющим является расчет на жесткость из плоскости стен, поэтому использование сквозных двутавров взамен сплошных горячекатаных или сварных двутавров приводит к более экономичным решениям. Проектные изыскания, выполненные в ЦНИИ-проектстальконструкция, подтвердили рациональность применения сквозных двутавров в каркасах градирен. Помимо увеличения жесткости элементов, возможна также экономия стали около 10% в сравнении с традиционной конструкцией из уголков.

Сквозные прогоны пролетом 12 м и стропильные балки пролетом до 18 м из сквозных двутавров относятся к конструкциям, транспортабельность которых определяет их экономичность в сравнении с заменяемыми типовыми конструкциями. Сквозные прогоны пролетом 12 м из двутавров с параллельными гранями полок могут заменить типовые решетчатые прогоны по серии 1.462-5. При этом по расходу стали в среднем по всему сортаменту с учетом удельной потребляемости различных типоразмеров прогонов обе конструкции можно считать равноценными. Однако по транспортным расходам сквозные прогоны существенно выгоднее решетчатых прогонов, поскольку коэффициент загрузки железнодорожных платформ сквозными прогонами в 6—8 раз выше аналогичного показателя для решетчатых прогонов. Сопоставление показателей покрытий по стропильным балкам пролетом 18 м из сквозных двутавров с покрытием по типовым стропильным фермам показывает, что по расходу стали (с учетом дополнительных затрат на

участок стены, равный разности высот сопоставляемых конструкций) оба варианта примерно одинаковы. Преимущество же стропильных балок из сквозных двутавров в значительно меньших транспортных расходах, что приобретает особое значение в связи с применением этих конструкций в удаленных и труднодоступных районах.

В конструкциях бункеров двутавры с параллельными гранями полок могут быть рационально использованы взамен части сварных балок-стенок бункеров. Снижение трудоемкости изготовления бункеров оценивается в среднем в 10%. Рационально также использование тавров типа БТ в качестве ребер стенок пирамидальной (obeliskовой) части бункеров.

Для количественной оценки технико-экономической эффективности применения строительных стальных кон-

Т а б л и ц а 36. Прогнозируемая потребность в двутаврах и таврах с параллельными гранями полок на 1 млн. т строительных стальных конструкций в год

Конструкции	Масса конструкций		В том числе двутавров и тавров	
	тыс. т	%	К, %	тыс. т
Колонны сплошного сечения	110	11	80	88
Колонны решетчатые	170	17	60	102
Подкрановые балки	95	9,5	50	47,5
Стропильные и подстропильные фермы	240	24	57	137
Балки покрытий	70	7	90	63
Прогонны пролетом 12 м	20*	2	95	19
Балки перекрытий и рабочих площадок	180	18	90	162
Стойки фахверков производственных зданий	15	1,5	80	12
Опоры и пролетные строения, поддерживающие трубопроводы	25	2,5	50	12,5
Пролетные строения мостов	20	2	60	12
Эстакады	15	1,5	60	9
Транспортерные галереи	30	3	55	16,5
Бункера	8	0,8	20	1,7
Градири	2	0,2	90	1,8
Всего	1000	100 %		684

* Здесь указана только 1/3 требуемого объема прогонов на 1 млн. т конструкций. Остальная часть отнесена к решетчатым и тонкостенным прогонам.

струкций из двутавров и тавров с параллельными гранями полок расчет произведен на условный годовой объем конструкций в 1 млн. т (табл. 36). Удельное соотношение различных типов конструкций принято на основе статистических данных об изготовлении указанных конструкций за последние годы. Доля двутавров и тавров с параллельными гранями полок (К) принята на основе анализа чертежей различных конструктивных элементов.

Показатели экономии стали, снижения трудоемкости изготовления и уменьшения транспортных расходов по всей номенклатуре конструкций в расчете на объем изготовления 1 млн. т конструкций в год приведены в табл. 37 и 38.

Таблица 37. Сводные показатели экономии стали в тыс. т при использовании 684 тыс. т двутавров и тавров с параллельными гранями полок для изготовления 1 млн. т строительных стальных конструкций

№ п.п.	Конструкции	Масса конструкций	В том числе		Экономия стали
			двутавры	тавры	
1	Колонны сплошного сечения	110	88	—	—
2	Колонны решетчатые	170	102	—	—
3	Подкрановые балки	95	—	47,5	—
4	Стропильные и подстропильные фермы	240	3	134	31
5	Балки покрытий	70	63	—	*
6	Прогоны пролетом 12 м	20	19	—	*
7	Балки перекрытий и рабочих площадок	180	162	—	11
8	Стойки фахверков производственных зданий	15	12	—	1,6
9	Опоры и пролетные строения, поддерживающие трубопроводы	25	4	8,5	2,2
10	Пролетные строения мостов	20	12	—	1
11	Эстакады	15	9	—	0,6
12	Транспортные галереи	30	9	7,5	2
13	Бункера	8	1,2	0,5	0,4
14	Градирни	2	1,8	—	0,2
Всего		1000	495	198	50

* См. сноску к табл. 38.

Таблица 38. Сводные показатели снижения трудоемкости (в %) изготовления 1 млн. т строительных стальных конструкций с применением 684 тыс. т двутавров и тавров с параллельными гранями полок

№ п. п.	Конструкции	Удельный объем конструкций (по графе 3 табл. 36)	Снижение трудоемкости	
			абсолютное	удельное
1	Колонны сплошного сечения	11	50	5,5
2	Колонны решетчатые	17	40	6,8
3	Подкрановые балки	9,5	15	1,4
4	Стропильные и подстропильные фермы	24	22	5,3
5	Балки покрытий*	7	—	—
6	Прогонны пролетом 12 м*	2	—	—
7	Балки перекрытий и рабочих площадок (масса заменяемых сварных балок ~10%)	18	50×0,1=5	0,9
8	Стойки фахверков производственных зданий	1,5	—	—
9	Опоры и пролетные строения, поддерживающие трубопроводы	2,5	30	0,75
10	Пролетные строения мостов	2	25	0,5
11	Эстакады	1,5	25	0,37
12	Транспортерные галереи	3	20	0,6
13	Бункера	0,8	10	0,08
14	Градири	0,2	—	—
Всего		100%		22,2%

* Народнохозяйственный экономический эффект от применения балок покрытий пролетом до 18 м и прогонов пролетом 12 м из сквозных двутавров взамен ферм и решетчатых прогонов определяется снижением транспортных расходов. Это снижение может составить 25 руб. на 1 т конструкций или на всю массу конструкций по пп. 5 и 6 (70+20=90 тыс. т) 2,25 млн. руб.

Как следует из данных, приведенных в табл. 37 и 38, при изготовлении 1 млн. т строительных стальных конструкций с использованием 684 тыс. т двутавров и тавров с параллельными гранями полок может быть получена экономия стали в размере 50 тыс. т, что составляет около 7% общей массы используемых двутавров и тавров. При этом снижение трудоемкости изготовления по всей номенклатуре условно принятого расчетного 1 млн. т строительных конструкций превысит

20%. Снижение стоимости строительства на указанный расчетный объем конструкций оценивается в 15 млн. руб.

Следует особо отметить эффективность применения тавров с параллельными гранями полок. По данным табл. 37 и 38, при использовании 200 тыс. т тавров в конструкциях общей массой 400 тыс. т (пп. 3, 4, 9, 12 и 13 табл. 37) экономия стали может составить 35,6 тыс. т, или около 9% всей массы конструкций этой группы и около 18% массы примененных тавров. Эти показатели еще раз подтверждают необходимость быстрого пуска линии по роспуску двутавров на тавры, а также своевременного оснащения заводов металлоконструкций оборудованием и инструментами.

Значительный технико-экономический эффект может дать использование двутавров с параллельными гранями полок в качестве балок перекрытий и рабочих площадок. Приведенное на рис. 69 сопоставление сортаментных кривых нормальных двутавров Б* и Б1 показывает, что здесь имеются существенные резервы [11]. Подсчитанная по методике эквивалентных параметров [10] экономия стали при замене двутавров Б1 двутаврами Б* составляет от 2 до 8%, а в среднем по всему сортаменту около 5%. Аналогичное замечание относится к двутаврам Ш* и К*. Из этого следует, что освоение прокаткой перспективных профилей является важной народнохозяйственной задачей.

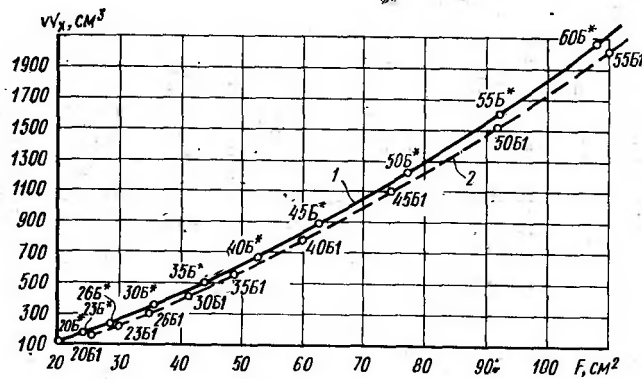


Рис. 69. График зависимости $W_x - F$

1 — сортаментная кривая двутавров Б* по ТУ 14-2-24-72; 2 — то же, двутавров Б1

ПРИЛОЖЕНИЕ

Сталь горячекатаная. Двутавры и тавры с параллельными гранями полок.
Сортаменты. Технические условия ТУ 14-2-24-72

1. Настоящие технические условия распространяются на горячекатаные двутавры с параллельными гранями полок высотой от 200 до 1000 мм и шириной от 100 до 400 мм и на производные от них тавры, получаемые продольной разрезкой пополам всех двутавров, представленных в технических условиях.

По внешнему виду и условиям работы двутавры и тавры подразделяются на:

- нормальные двутавры Б
- широкополочные двутавры Ш
- колонные двутавры К
- колонные уширенные двутавры КУ
- нормальные тавры БТ
- широкополочные тавры ШТ
- колонные тавры КТ
- колонные уширенные тавры КУТ

Пример условного обозначения двутавра с параллельными гранями полок № 40Б2 из стали марки СтЗпс:

двутавр $\frac{40Б2 \text{ ТУ } 14-2-24-72}{\text{СтЗпс ГОСТ } 535-79}$

Пример условного обозначения тавра с параллельными гранями полок № 20ШТ2 из стали марки СтЗпс:

тавр $\frac{20ШТ2 \text{ ТУ } 14-2-24-72}{\text{СтЗпс ГОСТ } 535-79}$

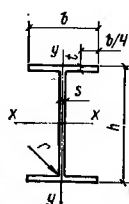


Рис. 1

h — высота двутавра; b — ширина полки; s — толщина стенки; t — толщина полки; r — радиус внутреннего закругления; J — момент инерции; W — момент сопротивления; i — радиус инерции; S — статический момент полусечения

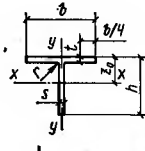


Рис. 2

h — высота тавра; b — ширина полки; s — толщина стенки; t — толщина полки; r — радиус внутреннего закругления; J — момент инерции; W — момент сопротивления; i — радиус инерции; z_0 — расстояние от оси $x-x$ до наружной грани полки

2. Поперечное сечение двутавров и тавров должно соответствовать рис. 1 и 2.

3. Размеры двутавров и тавров, площадь поперечного сечения, масса 1 м и справочные величины приведены соответственно в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1. Размеры двутавров и справочные величины

Номиналь- ный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь по- перечного се- чения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x				y-y		
									J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
Нормальные двутавры															
200×100	20Б*	194	99,3	4,5	5,6	11	20,4	16	1300	134	7,98	75,8	91,8	18,5	2,12
	20Б1	198	100	5,2	7,6		25,7	20,2	1730	174	8,19	98,7	127	25,4	2,22
	20Б2	200	100	5,2	8,6		27,7	21,8	1920	192	8,33	109	144	28,8	2,28
	20Б3	202	100,4	5,6	9,6		30,6	24	2150	213	8,39	121	162	32,4	2,31
230×110	23Б*	224	109,4	4,8	6	12	24,5	19,3	2070	185	9,19	105	131	24	2,31
	23Б1	227,8	110	5,4	7,9		30,1	23,6	2660	234	9,41	132	176	32	2,42
	23Б2	230	110	5,4	9		32,5	25,5	2980	259	9,58	146	200	36,4	2,48
	23Б3	232,4	110,4	5,8	10,2		36,1	28,3	3370	290	9,67	164	229	41,6	2,52
260×120	26Б*	253,4	119,5	5,1	6,4	13	29	22,8	3130	247	10,4	140	183	30,6	2,51
	26Б1	257,6	120	5,6	8,5		35,3	27,7	4020	312	10,7	176	246	40,9	2,64
	26Б2	260	120	5,6	9,7		38,2	30	4500	346	10,9	195	280	46,7	2,71
	26Б3	262,2	120,5	6,1	10,8		42,2	33,1	5020	383	10,9	216	316	52,4	2,74
300×140	30Б*	294,2	139,7	5,5	6,8	13	35,9	28,2	5210	354	12,1	201	310	44,4	2,94
	30Б1	297,6	140	5,8	8,5		41,5	32,6	6320	424	12,3	239	390	55,7	3,06
	30Б2	300	140	5,8	9,7		44,9	35,2	7070	471	12,5	264	445	63,5	3,15
	30Б3	302,2	140,5	6,3	10,8		49,5	38,8	7880	521	12,6	293	500	71,2	3,18

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					r	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей					
		h	b	s	t	x-x				y-y					
						J _x , см ⁴				W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ²	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
350×155	35Б*	343,6	155	6	7,3	14	44,1	34,6	8 620	502	14	285	454	58,6	3,21
	35Б1	346,6	155	6	8,8		48,7	38,2	10 000	577	14,3	325	547	70,6	3,35
	35Б2	350	155	6	10,5		54	42,4	11 600	663	14,7	371	653	84,2	3,48
	35Б3	352,4	155,5	6,5	11,7		59,5	46,7	12 930	734	14,7	411	735	94,5	3,52
400×165	40Б*	392	164,7	6,5	7,9	16	52,7	41,3	13 230	675	15,8	385	590	71,7	3,35
	40Б1	395,8	165	6,8	9,8		60,1	47,2	15 810	799	16,2	453	736	89,2	3,5
	40Б2	400	165	6,8	11,9		67	52,6	18 560	928	16,6	522	893	108	3,65
	40Б3	402,4	165,6	7,4	13,1		73,4	57,6	20 480	1020	16,7	573	994	120	3,68
450×180	45Б*	440,4	179,4	7	8,5	18	62,9	49,4	19 850	902	17,8	515	821	91,5	3,61
	45Б1	445,4	180	7,6	11		74,6	58,5	24 690	1110	18,2	629	1070	119	3,79
	45Б2	450	180	7,6	13,3		82,8	65	28 840	1280	18,7	722	1300	144	3,96
	45Б3	452,8	180,7	8,3	14,7		91	71,5	31 950	1410	18,7	797	1450	160	3,99
500×200	50Б*	489,8	199,4	7,8	9,3	20	77,3	60,7	30 040	1230	19,7	702	1230	124	3,99
	50Б1	495,6	200	8,4	12,2		91,8	72,1	37 670	1520	20,3	863	1630	163	4,22
	50Б2	500	200	8,4	14,4		101	79	43 120	1720	20,7	972	1920	192	4,37
	50Б3	503,2	200,6	9	16		110	86,4	47 790	1900	20,8	1070	2160	215	4,43
550×215	55Б*	538,4	214,4	8,6	10,3	20	92,1	72,3	42 970	1600	21,6	915	1700	158	4,29
	55Б1	545,2	215	9,2	13,7		110	86,3	54 480	2000	22,3	1130	2280	212	4,55
	55Б2	550	215	9,2	16,1		120	94,4	62 220	2260	22,7	1280	2670	249	4,71
	55Б3	553,2	215,8	10	17,7		132	103	68 580	2480	22,8	1400	2970	275	4,75
600×230	60Б*	586	229,4	9,4	11,3	22	109	85,5	60 010	2050	23,5	1180	2 280	199	4,58
	60Б1	594,2	230	10	15,4		131	103	77 430	2610	24,3	1480	3 130	272	4,88
	60Б2	600	230	10	18,3		145	114	89 320	2980	24,8	1680	3 720	323	5,07
	60Б3	603,4	231	11	20		159	124	98 230	3260	24,9	1840	4 120	357	5,1
700×260	70Б*	689	259,5	11	13,2	24	146	115	110 150	3200	27,4	1840	3 860	297	5,13
	70Б1	693,6	260	11,5	15,5		162	127	125 800	3630	27,9	2080	4 550	350	5,31
	70Б2	700	260	11,5	18,7		178	140	146 000	4170	28,6	2370	5 490	422	5,55
	70Б3	705,6	260,5	12	21,5		196	154	165 440	4690	29	2650	6 350	488	5,69
70Б4	709,6	261,7	13,2	23,5	215	169	182 060	5130	29,1	2910	7 040	538	5,72		
800×270	80Б*	786	269	12	14,4	26	174	137	166 800	4240	30,9	2460	4 690	349	5,19
	80Б1	791,6	270	13	17,2		197	155	194 370	4910	31,4	2840	5 670	420	5,36
	80Б2	800	270	13	21,4		220	173	230 280	5760	32,4	3290	7 040	522	5,66
	80Б3	805,2	270,8	13,8	24		240	189	256 370	6370	32,7	3640	7 970	589	5,76
80Б4	809,2	272,3	15,3	26	263	207	280 640	6940	32,7	3980	8 780	645	5,78		
900×310	90Б*	887,2	308,7	13	15,6	30	215	169	264 600	5960	35,1	3450	7 680	497	5,97
	90Б1	893,2	310	14,3	18,6		245	193	309 020	6920	35,5	3990	9 270	598	6,15
	90Б2	900	310	14,3	22		266	209	351 380	7810	36,3	4470	10 960	707	6,41
	90Б3	906	311,2	15,5	25		296	232	396 740	8760	36,6	5010	12 600	810	6,52
90Б4	910	313,2	17,5	27	327	256	434 950	9560	36,5	5500	13 880	886	6,52		

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x			y-y			
									J _{x'} см ⁴	W _{x'} см ³	i _{x'} см	S _{x'} см ²	J _{y'} см ⁴	W _{y'} см ³	i _{y'} см
1000×320	100Б*	981,6	318,5	14	16,8		247	194	365 330	7 440	38,4	4330	9 080	570	6,06
	100Б1	990	320	15,5	21		289	227	442 460	8 940	39,1	5180	11 510	720	6,31
	100Б2	1000	320	15,5	26	30	321	252	521 660	10 430	40,3	5970	14 250	890	6,66
	100Б3	1008	321,1	16,6	30		358	281	595 560	11 820	40,8	6760	16 610	1030	6,81
	100Б4	1014	323,1	18,6	33		397	312	662 170	13 060	40,8	7500	18 620	1150	6,85

Широкополочные двутавры

200×150	20Ш*	189,4	149,2	5	7,3		32	25,1	2 130	225	8,17	124	405	54,2	3,56
	20Ш1	191,8	150	5,8	8,5	13	37,1	29,1	2 510	261	8,22	145	479	63,9	3,59
	20Ш2	194	150	5,8	9,6		40,4	31,7	2 810	290	8,34	161	541	72,1	3,66
230×155	23Ш*	216,6	154,2	5,5	7,3		35,3	27,7	3 010	278	9,23	154	447	58	3,56
	23Ш1	221	155	6,3	9,5	14	43,9	34,4	3 890	352	9,42	196	591	76,2	3,67
	23Ш2	224	155,2	6,5	11		49	38,4	4 480	400	9,57	223	687	88,5	3,74
260×180	26Ш*	247,4	179,2	6	8,5		46,5	36,5	5 230	423	10,6	234	817	91,1	4,19
	26Ш1	250,8	180	6,8	10,2	16	54,6	42,8	6 280	501	10,7	278	993	110	4,27
	26Ш2	253,6	180,3	7,1	11,6		60,4	47,4	7 130	562	10,9	312	1130	126	4,34
300×200	30Ш*	287,6	199	6,5	9,5		58,1	45,6	8 840	614	12,3	340	1250	126	4,64
	30Ш1	291	200	7,5	11,2		67,7	53,2	10 460	719	12,4	399	1500	150	4,7
	30Ш2	294,6	200,2	7,7	13	18	75,5	59,3	12 040	818	12,6	454	1740	174	4,8
	30Ш3	297,8	201,1	8,6	14,6		84,6	66,4	13 650	916	12,7	511	1980	197	4,84
	30Ш4	300,6	201,9	9,4	16		92,6	72,7	15 090	1000	12,8	563	2200	218	4,87
350×250	35Ш*	334,6	248,5	7	10,8		79	62	16 660	996	14,5	546	2 770	223	5,92
	35Ш1	338,6	250	8,5	12,8		94	73,8	19 960	1180	14,6	651	3 340	267	5,96
	35Ш2	341	250,9	9,4	14	20	103	80,9	21 990	1290	14,6	716	3 690	294	5,98
	35Ш3	345	250,9	9,4	16		113	88,8	24 940	1450	14,8	802	4 220	336	6,1
	35Ш4	348,6	251,9	10,4	17,8		126	98,6	28 010	1610	14,9	895	4 750	377	6,15
400×300	40Ш*	385,2	298,5	8	12,5		108	84,5	30 310	1570	16,8	861	5 550	372	7,18
	40Ш1	388,6	300	9,5	14,2		124	97	34 850	1790	16,8	988	6 400	426	7,19
	40Ш2	391,8	300	9,5	15,8	22	133	105	38 500	1970	17	1080	7 120	474	7,31
	40Ш3	391,8	302	11,5	15,8		141	111	39 500	2020	16,7	1120	7 260	481	7,18
	40Ш4	397,6	302	11,5	18,7		159	124	46 330	2330	17,1	1290	8 590	569	7,36
500×300	50Ш*	479,2	298,6	9	12,5		121	95,2	50 530	2110	20,4	1170	5 560	372	6,77
	50Ш1	484,2	300	10,4	15		143	112	60 510	2500	20,6	1390	6 760	451	6,88
	50Ш2	489,8	300	10,4	17,8	26	160	125	70 470	2880	21	1590	8 020	535	7,08
	50Ш3	489,8	303,8	14,2	17,8		178	140	74 190	3030	20,4	1710	8 340	549	6,84
	50Ш4	496,2	303,8	14,2	21		198	155	86 010	3470	20,8	1950	9 830	647	7,05
	50Ш5	503,2	303,8	14,2	24,5		219	172	99 280	3950	21,3	2210	11 470	755	7,23
600×300	60Ш*	571,4	318,4	10	13		144	113	82 840	2900	24	1620	7 010	440	6,97
	60Ш1	579,4	320	11,6	17		179	140	106 520	3680	24,4	2050	9 300	581	7,21
	60Ш2	584,6	320	11,6	19,6		195	153	120 610	4130	24,8	2290	10 720	670	7,41

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x				y-y		
									J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
600×320	60Ш3	588,4	321,4	13	21,5		216	169	133 440	4 540	24,9	2530	11 920	742	7,43
	60Ш4	588,4	325,9	17,5	21,5	28	242	190	141 080	4 800	24,1	2730	12 440	764	7,17
	60Ш5	596,4	325,9	17,5	25,5		268	211	163 960	5 500	24,7	3110	14 750	905	7,41
	60Ш6	605,4	325,9	17,5	30		298	234	190 430	6 290	25,3	3550	17 350	1060	7,63
700×320	70Ш*	673,2	318,2	11	14,3		170	133	131 040	3 890	27,8	2190	7 700	484	6,74
	70Ш1	683	320	12,8	19,2		213	167	171 660	5 030	28,4	2830	10 510	657	7,02
	70Ш2	689,4	320,3	13,1	22,4		236	185	196 590	5 700	28,9	3200	12 290	768	7,22
	70Ш3	694	321,7	14,5	24,7		260	204	218 110	6 290	29	3530	13 740	854	7,27
	70Ш4	699	323,2	16	27,2	30	287	225	241 890	6 920	29	3910	15 340	949	7,32
	70Ш5	704	324,7	17,5	29,7		313	246	266 130	7 560	29,1	4280	16 990	1050	7,36
	70Ш6	704	327,7	20,5	29,7		335	263	274 860	7 810	28,7	4470	17 490	1070	7,23
	70Ш7	713,6	327,7	20,5	24,5		366	287	314 370	8 810	29,3	5030	20 300	1240	7,45
	70Ш8	720,6	329,2	22	38		400	314	348 540	9 670	29,5	5530	22 680	1380	7,53
800×340	80Ш*	769,8	338	12,5	16,3		211	166	209 640	5 450	31,5	3080	10 520	622	7,06
	80Ш1	779,2	340	14,5	21	32	258	203	265 170	6 810	32	3850	13 790	811	7,3
	80Ш2	786,2	340	14,5	24,5		282	222	301 630	7 670	32,7	4320	16 090	946	7,55
	80Ш3	791,2	341,5	16	27		311	244	334 250	8 450	32,8	4770	17 970	1050	7,6
900×360	90Ш*	872,4	358	14	18,2		258	203	324 610	7 440	35,4	4230	13 960	780	7,35
	90Ш1	882	360	16	23	36	310	244	402 160	9 120	36	5180	17 940	997	7,6
	90Ш2	890	360	16	27		339	266	458 680	10 310	36,8	5820	21 050	1170	7,88
	90Ш3	895	361,5	17,5	29,5		371	291	503 480	11 250	36,9	6370	23 300	1290	7,98
1000×400	100Ш*	968,4	398,5	15,5	20,2		316	248	488 280	10 080	39,3	5740	21 360	1070	8,22
	100Ш1	978	400	17	25	36	369	290	590 550	12 080	40	6850	26 740	1340	8,51
	100Ш2	986	400	17	29		401	315	667 700	13 540	40,8	7630	31 000	1550	8,79
Колонные двутавры															
200×200	20К*	192,2	199,7	6	8,7		46,7	36,6	3 300	343	8,4	188	1160	116	4,98
	20К1	194,4	200	6,3	9,8		51,7	40,6	3 730	383	8,49	211	1310	131	5,03
	20К2	197,2	200,6	6,9	11,2	13	58,4	45,9	4 300	436	8,58	241	1510	150	5,08
	20К3	199,6	201,4	7,7	12,4		64,9	50,9	4 830	484	8,63	269	1690	168	5,1
	20К4	202	202,2	8,5	13,6		71,3	56	5 370	532	8,68	298	1880	186	5,13
230×230	23К*	218	241,3	8	8		56,5	44,3	4 970	456	9,38	252	1880	155	5,76
	23К1	222,8	240	6,7	10,4		65,1	51,1	6 260	562	9,8	307	2400	200	6,07
	23К2	224,4	240,5	7,2	11,2	14	70,1	55	6 780	605	9,84	332	2600	216	6,09
	23К3	227	241,1	7,8	12,5		77,7	61	7 640	673	9,91	371	2920	242	6,13
	23К4	229,6	241,9	8,6	13,8		85,8	67,4	8 540	744	9,97	412	3260	269	6,16
260×260	26К1	252,4	260	7	11		75,5	59,3	9 330	739	11,1	404	3220	248	6,53
	26К2	255,2	260,8	7,8	12,4		84,8	66,6	10 610	831	11,2	457	3670	281	6,58
	26К3	258,4	261,7	8,7	14	16	95,5	75	12 110	938	11,3	518	4180	320	6,62
	26К4	261	262,5	9,5	15,3		104	82	13 380	1030	11,3	569	4620	352	6,65
	26К5	263,8	263,4	10,4	16,7		114	89,6	14 780	1120	11,4	625	5090	387	6,68

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x				y-y		
									J _{x'} , см ⁴	W _{x'} , см ³	i _{x'} , см	S _{x'} , см ²	J _{y'} , см ⁴	W _{y'} , см ³	i _{y'} , см
300×300	30К1	295,6	300	8,5	13,5		107	83,7	17 970	1220	13	666	6 080	405	7,55
	30К2	297,8	300,7	9,2	14,6		115	90,5	19 580	1310	13	723	6 620	440	7,58
	30К3	300,6	301,5	10	16		126	99	21 640	1440	13,1	795	7 310	485	7,61
	30К4	303,8	302,5	11	17,6		139	109	24 080	1590	13,2	879	8 130	537	7,65
	30К5	307,4	303,5	12	19,4	18	153	120	26 870	1750	13,3	974	9 050	596	7,69
	30К6	311	304,7	13,2	21,2		167	131	29 780	1910	13,3	1070	10 000	657	7,73
	30К7	315,2	306	14,5	23,3		184	145	33 250	2110	13,4	1190	11 140	728	7,77
	30К8	319,8	307,5	16	25,6		203	160	37 210	2330	13,5	1320	12 420	808	7,82
350×350	35К1	343	350	9,3	15		138	108	31 430	1830	15,1	1000	10 720	613	8,83
	35К2	346,6	351,2	10,5	16,8		154	121	35 590	2050	15,2	1130	12 140	691	8,87
	35К3	350,6	352,4	11,7	18,8		173	135	40 290	2300	15,3	1270	13 720	779	8,92
	35К4	354,6	353,6	12,9	20,8		191	150	45 120	2540	15,4	1410	15 340	867	8,96
	35К5	358,6	354,9	14,2	22,8	20	210	165	50 110	2790	15,5	1560	17 000	958	9
	35К6	363	356,2	15,5	25		230	181	55 710	3070	15,6	1720	18 850	1060	9,05
	35К7	367,8	357,7	17	27,4		253	198	62 040	3370	15,7	1900	20 920	1170	9,1
	35К8	373,4	359,4	18,7	30,2		279	219	69 660	3730	15,8	2120	23 390	1300	9,16
400×400	40К*	388,2	399,2	10	14		152	119	44 320	2280	17,1	1240	14 850	744	9,89
	40К1	392,6	400	10,8	16,2		173	136	51 410	2620	17,3	1430	17 290	864	10
	40К2	396,6	400,6	11,4	18,2		191	150	57 950	2920	17,4	1600	19 510	974	10,1
	40К3	400,6	401,8	12,6	20,2		212	166	64 960	3240	17,5	1780	21 850	1090	10,2
	40К4	405,2	403,2	14	22,5		236	185	73 240	3610	17,6	2000	24 590	1220	10,2
	40К5	410,2	404,7	15,5	25		262	206	82 480	4020	17,7	2240	27 640	1370	10,3
	40К6	415,2	406,2	17	27,5		289	227	91 990	4430	17,8	2480	30 740	1510	10,3
	40К7	421,2	408	18,8	30,5	22	321	252	103 770	4930	18	2770	34 550	1690	10,4
	40К8	427,2	409,8	20,6	33,5		353	277	115 950	5 430	18,1	3070	38 460	1880	10,4
	40К9	434,2	412,2	23	37		392	308	130 890	6 030	18,3	3440	43 240	2100	10,5
	40К10	443,4	415,2	26	41,6		443	348	151 320	6 830	18,5	3930	49 690	2390	10,6
	40К11	460,2	420,2	31	50		536	421	190 980	8 300	18,9	4850	61 930	2950	10,7
	40К12	480,2	426,7	37,5	60		651	511	243 440	10 140	19,3	6020	77 870	3650	10,9
	40К13	504,2	434,2	45	72		791	621	313 490	12 440	19,9	7520	98 540	4540	11,2
40К14	536,2	444,2	55	88		984	772	420 360	15 680	20,7	9690	129 090	5810	11,5	

Колонные уширенные двутавры

200×260	20'КУ1	196,8	260	6,9	11		70,7	55,5	5350	544	8,7	298	3220	248	6,75
	20'КУ2	199,2	260,7	7,6	12,2	13	78,3	61,5	6010	603	8,76	333	3600	276	6,78
	20'КУ3	201,6	261,5	8,4	13,4		86,2	67,7	6690	664	8,81	368	4000	306	6,81

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x			y-y			
									J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
200×300	20КУ1	201,2	300	8,3	13,2		95,2	74,7	7 480	744	8,87	410	5 940	396	7,9
	20КУ2	203,8	300,7	9	14,5		104	81,9	8 330	818	8,93	453	6 570	437	7,94
	20КУ3	206,8	301,7	10	16		115	90,6	9 360	905	9	505	7 330	486	7,96
	20КУ4	210	302,7	11	17,6	13	127	99,9	10 480	998	9,08	561	8 140	538	8
	20КУ5	213,6	303,7	12	19,4		140	110	11 780	1100	9,17	624	9 060	597	8,04
	20КУ6	217,2	304,9	13,2	21,2		154	121	13 160	1210	9,25	690	10 020	657	8,07
	20КУ7	221,4	306,2	14,5	23,3		169	133	14 810	1340	9,35	768	11 150	729	8,11
	20КУ8	226	307,7	16	25,6		187	147	16 720	1480	9,46	857	12 440	808	8,16
230×350	23КУ1	232	350	9,3	15		125	98,5	13 180	1140	10,2	625	10 720	613	9,24
	23КУ2	235	351	10,3	16,5		138	109	14 720	1250	10,3	693	11 890	678	9,27
	23КУ3	238,4	352,1	11,4	18,2		153	120	16 520	1390	10,4	772	13 240	752	9,31
	23КУ4	242	353,2	12,5	20	14	168	132	18 470	1530	10,5	856	14 690	832	9,35
	23КУ5	246	354,4	13,7	22		185	145	20 730	1690	10,6	951	16 330	921	9,39
	23КУ6	250,4	355,7	15	24,2		204	160	23 300	1860	10,7	1060	18 160	1020	9,43
	23КУ7	255	357,2	16,5	26,5		224	176	26 120	2050	10,8	1170	20 140	1130	9,47
	23КУ8	260	358,7	18	29		246	193	29 300	2250	10,9	1300	22 320	1240	9,52

Продолжение табл. 1

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						
		h	b	s	t	r			x-x				y-y		
									J _{x'} , см ⁴	W _{x'} , см ³	i _{x'} , см	S _{x'} , см ³	J _{y'} , см ⁴	W _{y'} , см ³	i _{y'} , см
260×400	26КУ1	262,8	400	10,1	16,2		155	122	21 030	1600	11	878	17 280	864	10,6
	26КУ2	266,4	401,1	11,2	18		172	135	23 730	1780	11,7	983	19 360	966	10,6
	26КУ3	270,4	402,3	12,4	20		192	150	26 820	1980	11,8	1100	21 710	1080	10,6
	26КУ4	274,8	403,7	13,8	22,2		213	167	30 350	2210	11,9	1240	24 350	1210	10,7
	26КУ5	279,4	405,1	15,2	24,5	16	236	185	34 170	2450	12	1380	27 160	1340	10,7
	26КУ6	284,4	406,6	16,7	27		260	204	38 480	2710	12,2	1540	30 260	1490	10,8
	26КУ7	289,6	408,3	18,4	29,6		286	225	43 180	2980	12,3	1710	33 600	1650	10,8
	26КУ8	295,4	410,1	20,2	32,5		315	248	48 630	3290	12,4	1900	37 380	1820	10,9
	26КУ9	302,4	412,4	22,5	36		351	276	55 570	3680	12,6	2140	42 110	2040	11

Примечания: 1. При вычислении массы 1 м длины плотность стали принята равной 7,85 г/см³.

2. Размеры двутавров, отмеченные звездочкой, уточняются после опытной прокатки.

3. Двутавры площадью сечения более 400 см² поставляются в направлении виде при условии технической возможности их производства на стане.

4. По соглашению сторон серийные профили могут поставляться с большей толщиной стенки и полок при условии технической возможности их производства на стане.

Таблица 2. Размеры тавров и справочные величины

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см
		h	b	s	t	r			x-x				y-y			
									J _x , см ⁴	W _x ^{min} , см ³	W _x ^{max} , см ³	i _x , см	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
100×100	10Б1*	97	99,3	4,5	5,6	11	10,2	8	85,6	11,5	37,8	2,9	45,9	9,24	2,12	2,65
	10БТ1	99	100	5,2	7,6		12,9	10,1	106	13,8	47,4	2,87	63,6	12,7	2,22	2,23
	10БТ2	100	100	5,2	8,6		13,9	10,9	111	14,1	51,1	2,83	71,9	14,4	2,28	2,17
	10БТ3	101	100,4	5,6	9,6		15,3	12	122	15,5	55,6	2,83	81,2	16,2	2,31	2,2
115×110	11,5БТ*	112	109,4	4,8	6	12	12,3	9,63	140	16,4	52,7	3,38	65,7	12	2,31	2,65
	11,5БТ1	113,9	110	5,4	7,9		15	11,8	167	19	64,6	3,34	87,9	16	2,42	2,59
	11,5БТ2	115	110	5,4	9,0		16,2	12,8	175	19,5	70	3,29	100	18,2	2,48	2,5
	11,5БТ3	116,2	110,4	5,8	10,2		18	14,2	194	21,3	76,9	3,28	115	20,8	2,52	2,52
130×120	13БТ*	126,7	119,5	5,1	6,4	13	14,5	11,4	214	22,2	70,7	3,84	91,4	15,3	2,51	3,03
	13БТ1	128,8	120	5,6	8,5		17,7	13,9	252	25,3	86,7	3,78	123	20,5	2,64	2,91
	13БТ2	130	120	5,6	9,7		19,1	15	264	25,9	94,1	3,72	140	23,3	2,71	2,81
	13БТ3	131,1	120,5	6,1	10,8		21,1	16,5	293	28,6	103	3,73	158	26,2	2,74	2,85
150×140	15БТ*	147,1	139,7	5,5	6,8	13	17,9	14,1	362	32,4	103	4,49	155	22,2	2,94	3,53
	15БТ1	148,8	140	5,8	8,5		20,8	16,3	405	35,2	120	4,42	195	27,8	3,06	3,37
	15БТ2	150	140	5,8	9,7		22,4	17,6	424	36	131	4,34	222	31,8	3,15	3,23
	15БТ3	151,1	140,5	6,3	10,8		24,7	19,4	468	39,5	143	4,35	250	35,6	3,18	3,26
175×155	17,5БТ*	171,8	155	6	7,3	14	22	17,3	621	48	146	5,31	227	29,3	3,21	4,24
	17,5БТ1	173,3	155	6	8,8		24,4	19,1	660	49,4	166	5,21	274	35,3	3,35	3,98
	17,5БТ2	175	155	6	10,5		27	21,2	699	50,9	186	5,09	326	42,1	3,48	3,75
	17,5БТ3	176,2	155,5	6,5	11,7		29,7	23,3	770	55,7	204	5,09	367	47,2	3,52	3,78
200×165	20БТ*	196	164,7	6,5	7,9	16	26,3	20,7	983	67,2	198	6,11	295	35,8	3,35	4,98
	20БТ1	197,9	165	6,8	9,8		30,1	23,6	1090	72,4	231	6,02	368	44,6	3,5	4,73
	20БТ2	200	165	6,8	11,9		33,5	26,3	1160	74,8	262	5,89	446	54,1	3,65	4,44
	20БТ3	201,2	165,6	7,4	13,1		36,7	28,8	1280	82	285	5,91	497	60	3,68	4,5
225×180	22,5БТ*	220,2	179,4	7	8,5	18	31,5	24,7	1490	91,2	264	6,89	410	45,7	3,61	5,65
	22,5БТ1	222,7	180	7,6	11		37,3	29,3	1730	102	320	6,8	536	59,6	3,79	5,39
	22,5БТ2	225	180	7,6	13,3		41,4	32,5	1840	105	363	6,66	648	72	3,96	5,07
	22,5БТ3	226,4	180,7	8,3	14,7		45,5	35,7	2030	116	395	6,68	725	80,2	3,99	5,14
250×200	25БТ*	244,9	199,4	7,8	9,3	20	38,6	30,3	2280	126	360	7,68	617	61,8	3,99	6,33
	25БТ1	247,8	200	8,4	12,2		45,9	36	2630	140	439	7,57	816	81,6	4,22	5,99
	25БТ2	250	200	8,4	14,4		50,3	39,5	2780	144	489	7,43	962	96,2	4,37	5,68
	25БТ3	251,6	200,6	9	16		55	43,2	3030	156	533	7,42	1080	108	4,43	5,69
275×215	27,5БТ*	269,2	214,4	8,6	10,3	20	46,1	36,2	3310	167	469	8,48	849	79,2	4,29	7,06
	27,5БТ1	272,6	215	9,2	13,7		55	43,2	3820	185	577	8,34	1140	106	4,55	6,62

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						z ₀ , см	
		h	b	s	t	r			x-x			y-y				
									J _x , см ⁴	W _x ^{min} , см ³	W _x ^{max} , см ³	i _x , см	J _y , см ⁴	W _y , см ³		i _y , см
275×215	27,5БТ2	275	215	9,2	16,1	20	60,2	47,2	4040	190	642	8,19	1340	124	4,71	6,29
	27,5БТ3	276,6	215,8	10	17,7		65,8	51,7	4440	208	698	8,21	1490	138	4,75	6,36
300×230	30БТ*	298	229,4	9,4	11,3		54,5	42,8	4650	215	601	9,23	1140	99,4	4,58	7,73
	30БТ1	297,1	230	10	15,4	22	65,7	51,5	5390	239	750	9,06	1570	136	4,88	7,18
	30БТ2	300	230	10	18,3		72,3	56,8	5710	246	841	8,89	1860	162	5,07	6,8
	30БТ3	301,7	231	11	20		79,3	62,2	6330	272	912	8,93	2060	178	5,1	6,94
350×260	35БТ*	344,5	259,5	11	13,2		73,2	57,4	8720	346	940	10,9	1930	149	5,13	9,28
	35БТ1	346,8	260	11,5	15,5	24	80,9	63,5	9500	370	1060	10,8	2280	175	5,31	8,98
	35БТ2	350	260	11,5	18,7		89,2	70	10 130	382	1200	10,7	2750	211	5,55	8,45
	35БТ3	352,8	260,5	12	21,5		98,2	77,1	10 970	406	1330	10,6	3180	244	5,69	8,25
	35БТ4	354,8	261,7	13,2	23,5		108	84,5	12 150	449	1440	10,6	3520	269	5,72	8,42
400×270	40БТ*	393	269	12	14,4		87,1	68,3	13 750	486	1250	12,6	2350	174	5,19	11
	40БТ1	395,8	270	13	17,2	26	98,6	77,4	15 460	537	1430	12,5	2830	210	5,36	10,8
	40БТ2	400	270	13	21,4		110	86,3	16 690	558	1660	12,3	3520	261	5,66	10,1
	40БТ3	402,6	270,8	13,8	24		120	94,3	18 150	600	1820	12,3	3980	294	5,76	10
	40БТ4	404,6	272,3	15,3	26		132	103	20 150	667	1970	12,4	4390	323	5,78	10,2
450×310	45БТ*	443,6	308,7	13	15,6		108	84,5	21 610	674	1760	14,2	3840	249	5,97	12,3
	45БТ1	446,6	310	14,3	18,6	30	123	96,3	24 530	754	2020	14,1	4640	299	6,15	12,1
	45БТ2	450	310	14,3	22		133	105	26 000	776	2260	14	5480	354	6,41	11,5
	45БТ3	453	311,2	15,5	25		148	116	28 810	851	2520	14	6300	405	6,52	11,5
	45БТ4	455	313,2	17,5	27		163	128	32 330	960	2730	14,1	6940	443	6,52	11,8
500×320	50БТ*	490,8	318,5	14	16,8		124	97,1	30 820	880	2190	15,8	4540	285	6,06	14
	50БТ1	495	320	15,5	21	30	145	113	35 750	998	2610	15,7	5760	360	6,31	13,7
	50БТ2	500	320	15,5	26		161	126	38 550	1040	3010	15,5	7120	445	6,66	12,8
	50БТ3	504	321,1	16,6	30		179	140	42 620	1130	3370	15,4	8300	517	6,81	12,6
	50БТ4	507	323,1	18,6	33		199	156	47 930	1270	3700	15,5	9310	576	6,85	12,9

Широкополочные тавры

100×150	10ШТ*	94,7	149,2	5	7,3	13	16	12,5	98,6	12,7	58,4	2,48	202	27,1	3,56	1,69
	10ШТ1	95,9	150	5,8	8,5		18,5	14,6	117	14,9	66,2	2,51	239	31,9	3,59	1,76
	10ШТ2	97	150	5,8	9,6		20,2	15,9	122	19,3	70,6	2,46	270	36,1	3,66	1,73
115×155	11,5ШТ*	108,3	154,2	5,5	7,3	14	17,7	13,9	158	18,1	75,1	2,99	223	29	3,56	2,1
	11,5ШТ1	110,5	155	6,3	9,5		21,9	17,2	191	21,4	90,8	2,95	295	38,1	3,67	2,11
	11,5ШТ2	112	155,2	6,5	11		24,5	19,2	207	22,7	99,3	2,91	343	44,2	3,74	2,08
130×180	13ШТ*	123,7	179,2	6	8,5	16	23,2	18,2	261	25,9	113	3,35	408	45,6	4,19	2,3
	13ШТ1	125,4	180	6,8	10,2		27,3	21,4	305	29,9	130	3,34	497	55,2	4,27	2,34
	13ШТ2	126,8	180,3	7,1	11,6		30,2	23,7	330	31,9	141	3,31	567	62,9	4,34	2,33

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей							z ₀ , см*
		h	b	s	t	r			x-x				y-y			
									J _x , см ⁴	W _x ^{min} , см ³	W _x ^{max} , см ³	i _x , см	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
150×200	15ШТ*	143,8	199	6,5	9,5		29	22,8	444	37,9	166	3,91	625	62,8	4,64	2,68
	15ШТ1	145,5	200	7,5	11,2		33,9	26,6	524	44,4	190	3,93	748	74,8	4,7	2,76
	15ШТ2	147,3	200,2	7,7	13	18	37,8	29,6	562	46,7	208	3,86	871	87	4,8	2,71
	15ШТ3	148,9	201,1	8,6	14,6		42,3	33,2	640	52,9	228	3,89	991	98,6	4,84	2,8
	15ШТ4	150,3	201,9	9,4	16		46,3	36,4	710	58,5	246	3,92	1100	109	4,87	2,88
175×250	17,5ШТ*	167,3	248,5	7	10,8		39,5	31	774	56	267	4,43	1380	111	5,92	2,9
	17,5ШТ1	169,3	250,	8,5	12,8		47	36,9	952	68,7	310	4,5	1670	134	5,96	3,07
	17,5ШТ2	170,5	250,9	9,4	14	20	51,6	40,5	1060	76,6	335	4,54	1850	147	5,98	3,17
	17,5ШТ3	172,5	250,9	9,4	16		56,6	44,4	1110	78,5	361	4,43	2110	168	6,1	3,08
	17,5ШТ4	174,3	251,9	10,4	17,8		62,8	49,3	1250	87,9	393	4,47	2370	188	6,15	3,18
200×300	20ШТ*	192,6	298,5	8	12,5		53,8	42,2	1360	85,1	420	5,03	2770	186	7,18	3,25
	20ШТ1	194,3	300	9,5	14,2		61,8	48,5	1630	102	473	5,13	3200	213	7,19	3,44
	20ШТ2	195,9	300	9,5	15,8	22	66,6	52,3	1680	104	503	5,03	3560	237	7,31	3,35
	20ШТ3	195,9	302	11,5	15,8		70,5	55,3	1960	123	529	5,27	3630	240	7,18	3,71
	20ШТ4	198,8	302	11,5	18,7		79,3	62,2	2080	127	582	5,12	4300	285	7,36	3,57
250×300	25ШТ*	239,6	298,6	9	12,5		60,7	47,6	2800	146	594	6,8	2780	186	6,77	4,72
	25ШТ1	242,1	300	10,4	15		71,5	56,1	3320	171	691	6,81	3380	225	6,88	4,8
	25ШТ2	244,9	300	10,4	17,8		79,9	62,7	3500	176	767	6,62	4010	267	7,08	4,56
	25ШТ3	244,9	303,8	14,2	17,8	26	89,2	70	4460	233	831	7,07	4170	274	6,84	5,36
	25ШТ4	248,1	303,8	14,2	21		98,9	77,7	4720	240	919	6,91	4920	324	7,05	5,14
25ШТ5	251,6	303,8	14,2	24,5		110	86	5000	247	1000	6,75	5730	378	7,23	4,97	
300×320	30ШТ*	285,7	318,4	10	13		72	56,5	5110	228	836	8,42	3500	220	6,97	6,12
	30ШТ1	289,7	320	11,6	17		89,4	70,2	6220	271	1030	8,34	4650	291	7,21	6,03
	30ШТ2	292,3	320	11,6	19,6		97,7	76,7	6510	277	1130	8,16	5360	335	7,41	5,77
	30ШТ3	294,2	321,4	13	21,5	28	108	84,7	7330	312	1230	8,24	5960	371	7,43	5,96
	30ШТ4	294,2	325,9	17,5	21,5		121	95,1	9190	408	1330	8,71	6220	382	7,17	6,92
	30ШТ5	298,2	325,9	17,5	25,5		134	105	9780	422	1480	8,54	7380	453	7,41	6,63
	30ШТ6	302,7	325,9	17,5	30		149	117	10 400	436	1630	8,36	8670	532	7,63	6,4
350×320	35ШТ*	336,6	318,2	11	14,3		84,8	66,6	8850	343	1130	10,2	3850	242	6,74	7,81
	35ШТ1	341,5	320	12,8	19,2		107	83,6	10 890	411	1430	10,1	5260	328	7,02	7,63
	35ШТ2	344,7	320,3	13,1	22,4		118	92,5	11 660	430	1590	9,95	6150	384	7,22	7,35
	35ШТ3	347	321,7	14,5	24,7		130	102	13 020	479	1730	10	6870	427	7,27	7,53
	35ШТ4	349,5	323,2	16	27,2	30	143	113	14 520	533	1890	10,1	7670	475	7,32	7,7
	35ШТ5	352	324,7	17,5	29,7		157	123	16 050	587	2040	10,1	8500	523	7,36	7,87
	35ШТ6	352	327,7	20,5	29,7		167	131	18 070	677	2130	10,4	8740	534	7,23	8,49
	35ШТ7	356,8	327,7	20,5	34,5		183	144	19 170	698	2330	10,2	10 150	620	7,45	8,22
35ШТ8	360,3	329,2	22	38		200	157	21 030	760	2520	10,3	11 340	689	7,53	8,34	
400×340	40ШТ*	384,9	338	12,5	16,3		106	82,9	14 740	505	1590	11,8	5260	311	7,06	9,28
	40ШТ1	389,6	340	14,5	21		129	101	17 860	599	1950	11,8	6900	406	7,3	9,17
	40ШТ2	393,1	340	14,5	24,5	32	141	111	18 810	615	2160	11,5	8040	473	7,55	8,73
	40ШТ3	395,6	341,5	16	27		156	122	20 940	683	2350	11,6	8980	526	7,6	8,91

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размеры, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей						z ₀ , см	
		h	b	s	t	r			x-x			y-y				
									J _x , см ⁴	W _x ^{min} , см ³	W _x ^{max} , см ³	i _x , см	J _y , см ⁴	W _y , см ³		i _y , см
450×360	45ШТ*	436,2	358	14	18,2		129	101	23 600	720	2170	13,5	6980	390	7,35	10,9
	45ШТ1	441	360	16	23	36	155	122	28 100	842	2620	13,5	8970	498	7,6	10,7
	45ШТ2	445	360	16	27		170	133	29 670	865	2910	13,2	10 530	585	7,88	10,2
	45ШТ3	447,5	361,5	17,5	29,5		185	146	32 700	951	3150	13,3	11 650	644	7,93	10,4
500×400	50ШТ*	484,2	398,5	15,5	20,2		158	124	35 690	983	2950	15	10 680	536	8,22	12,1
	50ШТ1	489	400	17	25	36	184	145	40 980	1100	3480	14,9	13 370	668	8,51	11,8
	50ШТ2	493	400	17	29		200	157	43 090	1130	3840	14,7	15 500	775	8,79	11,2

Колонные тавры

100×200	10КТ*	96,1	199,7	6	8,7		23,3	18,2	128	15,8	83	2,34	578	57,9	4,98	1,54
	10КТ1	97,2	200	6,3	9,8		25,8	20,3	138	16,9	89,3	2,31	654	65,4	5,03	1,55
	10КТ2	98,6	200,6	6,9	11,2	13	29,2	22,9	156	18,9	97,8	2,31	754	75,2	5,08	1,6
	10КТ3	99,8	201,4	7,7	12,4		32,4	25,5	178	21,4	106	2,34	845	83,9	5,1	1,68
	10КТ4	101	202,2	8,5	13,6		35,7	28	201	24	115	2,37	938	92,8	5,13	1,75
115×230	11,5КТ*	109	241,3	8	8		28,2	22,2	240	26,9	121	2,91	938	77,7	5,76	1,98
	11,5КТ1	111,4	240	6,7	10,4		32,6	25,6	225	23,8	132	2,63	1200	99,9	6,07	1,7
	11,5КТ2	112,2	240,5	7,2	11,2	14	35	27,5	245	25,8	140	2,64	1300	108	6,09	1,74
	11,5КТ3	113,5	241,1	7,8	12,5		38,9	30,5	272	28,5	152	2,65	1460	121	6,13	1,8
	11,5КТ4	114,8	241,9	8,6	13,8		42,9	33,7	306	31,9	164	2,67	1630	135	6,16	1,87
130×260	13КТ1	126,2	260	7	11		37,8	29,6	343	32	178	3,01	1610	124	6,53	1,92
	13КТ2	127,6	260,8	7,8	12,4		42,4	33,3	390	36,2	195	3,03	1830	141	6,58	2
	13КТ3	129,2	261,7	8,7	14	16	47,8	37,5	445	41,1	214	3,05	2090	160	6,62	2,08
	13КТ4	130,5	262,5	9,5	15,3		52,2	41	495	45,5	230	3,08	2310	176	6,65	2,16
	13КТ5	131,9	263,4	10,4	16,7		57,1	44,8	552	50,5	246	3,11	2550	193	6,68	2,24
150×300	15КТ1	147,8	300	8,5	13,5		53,3	41,8	664	53,2	291	3,53	3040	203	7,55	2,29
	15КТ2	148,9	300,7	9,2	14,6		57,6	45,3	728	58,1	310	3,55	3310	220	7,58	2,35
	15КТ3	150,3	301,5	10	16		63,1	49,5	806	63,9	332	3,57	3660	243	7,61	2,43
	15КТ4	151,9	302,5	11	17,6	18	69,4	54,5	903	71,3	358	3,61	4060	269	7,65	2,52
	15КТ5	153,7	303,5	12	19,4		76,4	60	1010	79	385	3,63	4520	298	7,69	2,62
	15КТ6	155,5	304,7	13,2	21,2		83,7	65,7	1130	88,3	414	3,68	5000	328	7,73	2,73
	15КТ7	157,6	306	14,5	23,3		92,2	72,3	1270	98,8	447	3,72	5570	364	7,77	2,85
	15КТ8	159,9	307,5	16	25,6		102	79,8	1440	111	483	3,77	6210	404	7,82	2,99
175×350	17,5КТ1	171,5	350	9,3	15		68,8	54	1150	78,7	442	4,08	5360	306	8,83	2,59
	17,5КТ2	173,3	351,2	10,5	16,8		77,2	60,6	1310	90	484	4,13	6070	346	8,87	2,71
	17,5КТ3	175,3	352,4	11,7	18,8		86,3	67,7	1500	102	529	4,16	6860	389	8,92	2,83
	17,5КТ4	177,3	353,6	12,9	20,8	20	95,5	74,9	1680	114	572	4,2	7670	434	8,96	2,94
	17,5КТ5	179,3	354,9	14,2	22,8		105	82,3	1890	127	616	4,25	8500	479	9	3,07
	17,5КТ6	181,5	356,2	15,5	25		115	90,3	2110	141	662	4,28	9420	529	9,05	3,19
	17,5КТ7	183,9	357,7	17	27,4		126	99,2	2370	158	713	4,33	10 460	585	9,1	3,33
	17,5КТ8	186,7	359,4	18,7	30,2		140	110	2690	177	770	4,39	11 690	651	9,16	3,49

Номинальный размер профиля, мм	№ профиля	Размер, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длинн., кг	Справочные величины для осей						z ₀ , см	
		h	b	s	t	r			x-x			y-y				
									J _{x'} , см ⁴	W _x ^{min} , см ³	W _x ^{max} , см ³	i _{x'} , см	J _{y'} , см ⁴	W _{y'} , см ³		i _{y'} , см
200×400	20КТ*	194,1	399,2	10	14		76	59,6	1780	109	587	4,84	7430	372	9,89	3,03
	20КТ1	196,3	400	10,8	16,2		86,3	67,8	1980	120	650	4,79	8640	432	10	3,05
	20КТ2	198,3	400,6	11,4	18,2		95,5	75	2150	128	700	4,75	9750	487	10,1	3,07
	20КТ3	200,3	401,8	12,6	20,2		106	83,2	2420	144	760	4,78	10 930	544	10,2	3,18
	20КТ4	202,6	403,2	14	22,5		118	92,6	2750	162	827	4,82	12 300	610	10,2	3,32
	20КТ5	205,1	404,7	15,5	25		131	103	3110	182	898	4,87	13 820	683	10,3	3,46
	20КТ6	207,6	406,2	17	27,5		144	113	3490	203	968	4,91	15 370	757	10,3	3,6
	20КТ7	210,6	408	18,8	30,5	22	160	126	3960	229	1050	4,97	17 280	847	10,4	3,77
	20КТ8	213,6	409,8	20,6	33,5		176	139	4460	256	1130	5,03	19 230	939	10,4	3,95
	20КТ9	217,1	412,2	23	37		196	154	5130	293	1230	5,12	21 620	1050	10,5	4,17
	20КТ10	221,7	415,2	26	41,6		222	174	6040	341	1360	5,22	24 850	1200	10,6	4,45
	20КТ11	230,1	420,2	31	50		268	210	7790	430	1580	5,39	30 970	1470	10,7	4,92
	20КТ12	240,1	426,7	37,5	60		326	256	10 300	557	1870	5,62	38 940	1820	10,9	5,51
	20КТ13	252,1	434,2	45	72		396	311	13 770	725	2220	5,9	49 270	2270	11,2	6,2
20КТ14	268,1	444,2	55	88		492	386	19 410	986	2730	6,28	64 550	2910	11,5	7,12	

Колонные уширенные тавры

100×260	10'КУТ1	98,4	260	6,9	11		35,4	27,8	162	19,2	115	2,14	1610	124	6,75	1,41
	10'КУТ2	99,6	260,7	7,6	12,2	13	39,2	30,8	183	21,5	124	2,16	1800	138	6,78	1,47
	10'КУТ3	100,8	261,5	8,4	13,4		43,1	33,8	206	24,2	133	2,19	2000	153	6,81	1,54
100×300	10КУТ1	100,6	300	8,3	13,2		47,6	37,3	207	24	144	2,09	2970	198	7,9	1,44
	10КУТ2	101,9	300,7	9	14,5		52,2	41	231	26,6	153	2,1	3290	219	7,94	1,51
	10КУТ3	103,4	301,7	10	16		57,7	45,3	264	30,2	165	2,14	3660	243	7,96	1,6
	10КУТ4	105	302,7	11	17,6	13	63,6	49,9	300	34	178	2,17	4070	269	8	1,69
	10КУТ5	106,8	303,7	12	19,4		70,1	55,1	339	38,1	190	2,2	4530	298	8,04	1,78
	10КУТ6	108,6	304,9	13,2	21,2		76,9	60,4	386	43,1	205	2,24	5010	329	8,07	1,89
	10КУТ7	110,7	306,2	14,5	23,3		84,7	66,5	443	48,9	221	2,29	5580	364	8,11	2,01
	10КУТ8	113	307,7	16	25,6		93,5	73,4	512	55,8	239	2,34	6220	404	8,16	2,14
115×350	11,5КУТ1	116	350	9,3	15		62,7	49,2	358	35,9	219	2,39	5360	306	9,24	1,63
	11,5КУТ2	117,5	351	10,3	16,5		69,2	54,3	406	40,5	236	2,42	5950	339	9,27	1,72
	11,5КУТ3	119,2	352,1	11,4	18,2		76,4	60	462	45,8	254	2,46	6620	376	9,31	1,82
	11,5КУТ4	121	353,2	12,5	20	14	84,1	66	523	51,4	272	2,49	7350	416	9,35	1,92
	11,5КУТ5	123	354,4	13,7	22		92,6	72,7	594	57,8	292	2,53	8160	461	9,39	2,03
	11,5КУТ6	125,2	355,7	15	24,2		102	80,1	676	65,2	314	2,57	9080	511	9,43	2,15
	11,5КУТ7	127,5	357,2	16,5	26,5		112	88	773	73,9	339	2,63	10 070	564	9,47	2,28
	11,5КУТ8	130	358,7	18	29		123	96,6	882	83,4	364	2,68	11 160	622	9,52	2,42
130×400	13КУТ1	131,4	400	10,1	16,2		77,5	60,9	569	50,2	314	2,71	8640	432	10,6	1,81
	13КУТ2	133,2	401,1	11,2	18		86,2	67,7	648	56,8	339	2,74	9680	483	10,6	1,91
	13КУТ3	135,2	402,3	12,4	20		95,8	75,2	739	64,3	365	2,78	10 850	540	10,6	2,02
	13КУТ4	137,4	403,7	13,8	22,2		107	83,7	850	73,3	395	2,82	12 180	603	10,7	2,15
	13КУТ5	139,7	405,1	15,2	24,5	16	118	92,5	970	82,9	426	2,87	13 580	670	10,7	2,28
	13КУТ6	142,2	406,6	16,7	27		130	102	1110	93,8	458	2,92	15 130	744	10,8	2,42
	13КУТ7	144,8	408,3	18,4	29,6		143	112	1270	106	494	2,98	16 800	823	10,8	2,57
	13КУТ8	147,7	410,1	20,2	32,5		158	124	1460	121	534	3,04	18 690	911	10,9	2,73
	13КУТ9	151,2	412,4	22,5	36		175	138	1710	140	583	3,12	21 050	1020	11	2,93

- Примечания: 1. При вычислении массы 1 м длины плотность стали принята равной 7,85 г/см³.
 2. Размеры тавров, отмеченные звездочкой, уточняются после опытной прокатки двутавров.
 3. Тавры площадью сечения более 200 см² поставляются в направлении виде при условии технической возможности производства соответствующих двутавров на стане.
 4. По соглашению сторон серийные профили могут поставляться с большей толщиной стенки и полки при условии технической возможности производства соответствующих двутавров на стане.

4. Предельные отклонения по номинальным размерам и от правильной геометрической формы двутавра не должны превышать величин, указанных на рис. 3 и табл. 3.

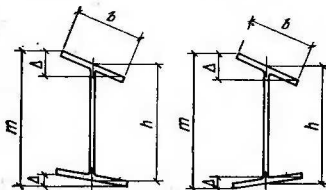


Рис. 3

Таблица 3

Номинальная высота двутавра, мм	Предельные отклонения, мм					
	по высоте двутавра h	по ширине полки b	по перекосу полки Δ	по смещению полки относительно стенки δ	по толщине полки t	по максимальному габариту сечения двутавра m
От 200 до 400	± 3	± 3	$\Delta \leq 0,012 b$, но не более 3	$\delta \leq 3$	-0,1 t ; плюсовые отклонения не ограничиваются	Номинальная высота +6
Св. 400 до 600	± 4	± 3	$\Delta \leq 0,015 b$, но не более 4	$\delta \leq 4,5$		
Св. 600 до 1000	± 5	± 3	То же	То же		

Примечания: 1. Предельные отклонения для тавров не должны превышать значений, приведенных для двутавров.

2. Предельные отклонения по максимальному габариту сечения на тавры не распространяются.

5. В соответствии с заказом двутавры и тавры изготавливаются длиной 6—24 м: мерной длины, кратной мерной длины, мерной длины с остатком до 5% массы партии, кратной мерной длины с остатком до 5% массы партии, немерной длины.

Остатком считаются профили длиной не менее 5 м.

6. По соглашению сторон допускается изготовление профилей ограниченной длины.

7. При поставке профилей немерной длины допускается наличие профилей длиной не менее 5 м в количестве не более 5% массы партии.

8. Предельные отклонения по длине профилей мерной и кратной мерной длины не должны превышать ± 30 мм при длине до 12 м, ± 50 мм при длине свыше 12 м.

По требованию заказчика предельные отклонения по длине могут быть равны ± 5 мм, при этом косина реза не должна превышать $0,015b$, но не быть более 3 мм.

9. Радиус притупления углов полки не должен превышать $0,2t$, но не быть более 3 мм. Поверхность притупления должна быть гладкой.

10. Кривизна стенки по высоте сечения не должна превышать $0,15s$.

11. Кривизна профилей в вертикальной и горизонтальной плоскостях не должна превышать $0,2\%$ любой измеряемой длины.

12. Контроль размеров производится на расстоянии не менее 500 мм от торца профиля. Высота измеряется по оси $y-y$.

13. Предельные отклонения по массе 1 м профиля не должны превышать $\pm 4\%$; они контролируются предприятием-изготовителем путем взвешивания партий массой 10—30 т, отбираемых от каждого 500—700 т проката, или взвешивания кусков профиля длиной не менее 300 мм, отбираемых при прокатке не реже чем через каждые 50—100 прокатанных штанг.

14. Марки стали и технические требования — по ГОСТ 535—79 и другим действующим стандартам, оговоренным в заказе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахуркин В. М. Задачи индустриализации металлических конструкций и изделий. — Проект и стандарт, 1936, № 4.
2. Вахуркин В. М. Об улучшении сортамента прокатных сталей для строительства. — Стандартизация, 1952, № 8.
3. Вахуркин В. М. Сортамент прокатных строительных профилей и пути его улучшения. — В кн.: Вопросы применения стальных конструкций в строительстве, Стройиздат, 1953.
4. Государственный пятилетний план развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. Под ред. Н. К. Байбакова. Политиздат, 1972.
5. Грицук Н. Ф., Антонов С. П. Производство широкополочных двутавров. Металлургия, 1973.
6. Изготовление облегченных металлических конструкций из развитых двутавров. — Промышленное строительство, 1974, № 10 (авт.: В. Г. Чернашкнн, Ю. А. Чернов, Ю. А. Смаков, В. А. Грамацкий, А. А. Гогешвилн).
7. Казимиров А. А., Нефедов А. А. О производстве низкотавровых профилей для сварных широкополочных балок. — Сталь, 1961, № 11.
8. Каплун Я. А. О распределении материала в поперечном сечении подкрановых балок. — В сб.: Материалы по стальным конструкциям, 1958, вып. 2.
9. Каплун Я. А. О производстве широкополочных двутавровых балок и порядке внедрения профилей проката в строительстве. — В сб.: Расширение сортамента и производства новых профилей проката. Тр. Всесоюзного совещания по разработке рационального сортамента фасонных горячекатаных и гнутых профилей проката. Харьков, 1968.
10. Каплун Я. А. О методике оценки экономичности прокатных профилей. Некоторые вопросы теории сортамента. — Сер. VIII. Проектирование металлических конструкций. Информационный реферат. Вып. 5(13). ЦИНИС Госстроя СССР, 1969.
11. Каплун Я. А. О сортаменте широкополочных двутавров и тавров. — Промышленное строительство, 1973, № 10.
12. Каплун Я. А., Вроно Б. М., Березин В. В. Прогонь из сквозных двутавров пролетом 12 м. — В сб.: Материалы по легким металлическим конструкциям. Центр. правление НТО Стройиндустрии, Стройиздат, 1975.
13. Крылов А. В. О потребности в широкополочных двутавровых профилях в третьей пятилетке. — В сб. Материалы по металлическим конструкциям, 1940, вып. XI.
14. Кузнецов В. В., Каплун Я. А. Требования металлостроителей по поставке экономичных профилей, улучшению ассортимента и повышению качества проката. — В сб.: Совершенствование производства металлических конструкций, Стройиздат, 1971.
15. Кузнецов В. В. Проектирование и изготовление стальных строительных конструкций в США (обзор). Опыт зарубежного строительства. ЦИНИС Госстроя СССР, 1976.
16. Лихтарников Я. М. Металлические конструкции. Методы технико-экономического анализа при проектировании. Стройиздат, 1968.
17. Ложкин Б. Г. К вопросу об установке стана для проката

широкополочных двутавров. — Строительная промышленность, 1947, № 6.

18. Мельников Н. П. Требования к прокатному производству в связи с проблемой экономии металла в строительстве. — В сб.: Экономия металла при конструировании машин и проектировании технологических процессов, 1953.

19. Мельников Н. П. Металлические конструкции за рубежом. Стройиздат, 1971.

20. Мельников Н. П. Пути прогресса в области металлических конструкций. Стройиздат, 1974.

21. Металлические конструкции. Стройиздат, 1976 (авт.: Е. И. Беленя, А. Н. Гениев, В. А. Балдин, Е. Н. Лессинг, Г. С. Веденников, А. А. Васильев, Д. Н. Стрелецкий).

22. Михайлов Б. П. Итоги разработки нового сортамента прокатных профилей для металлических конструкций, ОНТИ, 1935.

23. Михайлов Б. П. Индустриализация металлического строительства. Стройиздат, 1939.

24. Муханов К. К. Металлические конструкции. Изд. 3-е. Стройиздат, 1978.

25. Об опыте применения стропильных ферм с поясами из широкополочных тавров. — Промышленное строительство, 1978, № 6 (авт.: Н. П. Мельников, Я. А. Каплун, В. В. Березин, Г. И. Лашнев).

26. Рационализация профилей проката. — Тр. науч.-техн. совещания 14—19 ноября 1955 г. Раздел II. Горячекатаные облегченные профили и широкополочные балки. Доклады и выступления участников совещания. Профиздат, 1956.

27. Руководство по применению двутавров и тавров с параллельными гранями полок (широкополочных двутавров и тавров) в строительных стальных конструкциях. ЦНИИпроектстальконструкция, 1978.

28. Сапожников А. Я., Серебрий В. Л. Стан для производства сварных широкополочных двутавров. — В сб.: Материалы по легким металлическим конструкциям. Центр. правление НТО Стройиндустрии, Стройиздат, 1975.

29. Серенко А. Н., Крумбольдт М. Н., Багрянский К. В. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи. Внцшкола, 1977.

30. Стальные конструкции производственных зданий из широкополочных двутавров и тавров. — Промышленное строительство, 1976, № 2 (авт.: Я. А. Каплун, В. М. Бахмутский, А. Е. Лапук, Б. М. Вроно, В. В. Березин).

31. Стрелецкий Н. С. Новые идеи и возможности в металлических промышленных конструкциях, Госстройиздат, 1934.

32. Строительное проектирование промышленных предприятий. Реферативный сборник. Сер. III. Вып. 4. ЦИНИС Госстроя СССР, 1975.

33. Харт Ф., Хенн В., Зонтаг Х. Атлас стальных конструкций. Многоэтажные здания. Пер. с нем. Стройиздат, 1977.

34. Чесноков А. С. Серийность конструкций — важнейший фактор эффективности поточного производства. — Промышленное строительство, 1976, № 9.

35. Шефтель Н. М. Улучшение качества и сортамента проката. Металлургия, 1973.

36. Barlow S., Foster J. The Universal Beam. The Structural Engineer, 11, 1957.

37. Faltus F. Prvký ocelových konstrukci. Prague, 1962.
38. Nippon Kokan. General Catalog, 1963.
39. Nippon Steel Corporation Wide Flange Shapes. Catalog. NEXE 210, NEXR 201, 1977.
40. Peine—Salzgitter. Wabenträger (Katalog).
41. Träger—handliste. Ilseder Hütte Peine, 1966.
42. Series Europeennes rationalisees de Profiles et lames marchands. (C. E. C. A., Services des Publications des Communautés Europeennes, 3725/2/66/1, 1966).
43. Welding Structural Forms to a Designer's Taste. Iron AGE, March, 11, 1965.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Двутавры и тавры с параллельными гранями полок	5
1. Состояние производства за рубежом	5
2. Перспективы производства в СССР	7
3. Теоретические основы формообразования двутавровых профилей	10
4. Новые отечественные сортаменты	16
5. Перспективы совершенствования сортамента	26
6. Конструктивные и расчетные особенности	29
Глава II. Конструкции из двутавров и тавров с параллельными гранями полок	30
1. Области рационального применения двутавров и тавров	30
2. Колонны одноэтажных производственных зданий	33
3. Подкрановые балки	43
4. Стропильные и подстропильные фермы	47
5. Конструкции из сквозных двутавров	56
6. Конструкции перекрытий и площадок	72
7. Конструкции каркасов многоэтажных зданий	75
8. Конструкции сооружений	77
Глава III. Экспериментальные конструкции	78
1. Стропильные фермы	79
2. Сквозные прогоны пролетом 12 м	86
3. Подкрановые балки	89
Глава IV. Типовые конструкции и конструкции массового применения из двутавров и тавров	91
1. Колонны	92
2. Подкрановые балки	101
3. Покрытия	103
4. Направления работ по дальнейшей типизации конструкций	108
Глава V. Технико-экономическая эффективность применения конструкций из двутавров и тавров	109
<i>Приложение. Сталь горячекатаная. Двутавры и тавры с параллельными гранями полок. Сортаменты. Технические условия ТУ 14-2-24-72</i>	116
Список литературы	140

Яков Аронович Каплун

**СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
ИЗ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ ДВУТАВРОВ
И ТАВРОВ**

Редакция литературы по строительным материалам и конструкциям
Зав. редакцией П. И. Филимонов
Редактор И. С. Бородин
Технические редакторы В. Д. Павлова, Т. В. Кузнецова
Корректор В. И. Галюзова
ИБ № 2177

Сдано в набор 05.08.80. Подписано в печать 27.10.80. Формат 84×108^{1/32}.
Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л.
7,56. Уч.-изд. л. 7,73. Тираж 14 000 экз. Изд. № AVI-7929. Заказ № 472.
Цена 40 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а
Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7