ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПУТЕЙ ВНУТРИЦЕХОВОГО ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТА

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1965

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.543(083.96)

Инструкция содержит материалы по проектированию путей внутрицехового подвесного транспорта, рекомендации по выбору пролета, схемы, размещению балок подвесных путей и др.

Инструкция предназначается для специалистов, связанных с проектированием, изготовлением и строительством путей подвесного транспорта и зданий, оборудованных подвесным транспортом.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инструкция разработана ЦНИИПромзданий на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования путей подвесного транспорта, экспериментальных исследований работы путей, а также обследования их состояния на заводах.

Инструкция является первым систематическим изложением материала по проектированию путей внутрицехового подвесного транспорта и содержит рекомендации по выбору пролета, схемы и размещению балок подвесных путей, указания по назначению сечений балок, марок стали, решения конструкций прямых и кривых участков, а также требования к изготовлению и монтажу подвесных путей.

Впервые приводятся указания по конструированию и расчету балок для путей подвесного транспорта пролетом 12 *м*.

В инструкции приведены сортаменты профилей, применяемых для путей, таблицы и формулы для определения коэффициента $\varphi_б$ при проверке общей устойчивости балок, рекомендуемые решения конструкций и деталей крепления прямых и кривых участков путей к железобетонным и стальным фермам, а также примеры расчета балок.

При составлении инструкции учтены замечания и дополнения, сделанные ведущими проектными институтами.

Инструкция составлена канд. техн. наук Б. Г. Ложкиным и инж. Г. М. Смилянским. В работе принимали участие инженеры С. Р. Шейнфайн, Н. М. Бердичевский, Ю. А. Раковщик, И. З. Кадомцева, А. З. Гуревич, В. К. Зморович, Г. И. Палеес, Ю. М. Столяр и техник В. С. Колесникова.

Таблицы и формулы для определения коэффициента φ_6 для разрезных и неразрезных балок асимметричного сечения приняты на основе работ канд. техн. наук Г. М. Чувикина (ЦНИИСК имени Кучеренко Госстроя СССР).

Директор института К. Н. Карташов

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Настоящая инструкция распространяется на проектирование строительных стальных конструкций путей внутрицехового подвесного транспорта для однорельсовых (ручные и электрические тали, тележки и кошки) и многорельсовых (ручные и электрические кран-балки, двух-и многоопорные подвесные краны) механизмов. Перечень механизмов подвесного транспорта приведен в приложении 1 настоящей инструкции.

Инструкция не распространяется на пути межцехового транспорта под указанные выше механизмы и на внутрицеховые пути для подвесного конвейерного транспорта.

При проектировании путей для строительства в сейсмических районах и на просадочных грунтах должны соблюдаться требования главы СНиП II-А.12-62 «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования» и главы СНиП II-Б. 2-62 «Основания и фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах. Нормы проектирования».

2. Проектирование путей подвесного транспорта следует производить с учетом требований экономии металла.

3. При проектировании должны предусматриваться мероприятия по защите от коррозии конструкций путей и деталей крепления их к строительным конструкциям. В случае эксплуатации подвесных путей в помещениях с агрессивными средами антикоррозийная защита должна осуществляться в соответствии с «Указаниями по проектированию антикоррозийной защиты строительных конструкций промышленных зданий в производствах с агрессивными средами» СН 262-63.

На ездовые поверхности балок защитный слой не наносится.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРОЛЕТА, СХЕМЫ И РАЗМЕЩЕНИЮ БАЛОК ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ

4. Пролет балок подвесных путей назначается, как правило, равным 6 или 12 *м*, исходя из экономически целесообразного расстояния между ригелями покрытия с учетом расхода материалов и их стоимости.

В покрытиях по железобетонным фермам и балкам при шаге колонн 12 *м* и наличии одних прямолинейных путей, идущих вдоль пролетов здания, экономичный шаг ферм равен 12 *м*.

В покрытиях по металлическим фермам при шаге колонн 12 *м* экономичный шаг ферм равен 6 *м*.

5. При компоновке подвесных путей и выборе пролетов подвесных кранов следует стремиться к тому, чтобы подвесные балки крепились в узлах стропильных ферм.

6. Для подвесных путей рекомендуется применять, с целью повышения качества путей и экономии стали, балки неразрезной системы.

При креплении балок путей под узлами стропильных ферм возможно в ряде случаев применение наклонных подвесок, закрепляемых в узлах верхнего пояса ферм и уменьшающих пролет балок путей.

3. СЕЧЕНИЯ БАЛОК ДЛЯ ПУТЕЙ ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТА

7. Размеры нижней ездовой полки и высота сечения двутавровых балок должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и нормалей на подъемно-транспортные механизмы:

а) по ширине b нижней полки двутавра;

б) по толщине t нижней полки;

в) по высоте сечения h двутавра, обеспечивающей размещение катков.

В табл. 1 приложения 2 настоящей инструкции приведены требуемые по различным стандартам и нормалям: допускаемые пределы изменения величины b, соответствующие им значения t и минимальные значения h.

8. В качестве путей подвесного транспорта могут применяться:

а) пять номеров двутавровых балок: 18 М, 24 М, 30 М, 36 М, 45 М по ГОСТ 5157-53*;

б) двутавровые балки по ГОСТ 8239-56 *, нижний пояс которых в ряде случаев усиливается приваркой полосы;

в) сварные балки двутаврового сечения с развитым верхним поясом и нижним поясом из низкотаврового профиля по ВТУ Константиновского металлургического завода имени Фрунзе или из половины двутавра (п. 8 «а», «б»);

г) тавровый рельс по ГОСТ 5157-53 * на подвесках или в составе сварной балки — при грузоподъемности механизмов до 1 *т* включительно.

Характеристики сечений прокатных балок (п. 8 «а», «б» и «г») приведены в табл. 2—5 и низкотавровых профилей — в табл. 6 приложения 2.

Номера двутавровых балок по ГОСТ 5157-53* и ГОСТ 8239-56 *, удовлетворяющих требованиям размещения ходовой части механизмов подвесного транспорта различной грузоподъемности (согласно п. 7 и табл. 1 приложения 2), приведены соответственно в табл. 7 и 8 приложения 2.

Сечения сварных балок подбирают под конкретные нагрузки. В табл. 9 приложения 2 в качестве примера приведены характеристики сечений сварных неразрезных балок пролетом 12 *м* под одну электроталь по ГОСТ 3472—63.

9. Для подвесных балок пролетом до 6 *м* включительно под механизмы грузоподъемностью до 1 *т* включительно применяют двутавровые балки № 12—30 по ГОСТ 8239—56 *, как правило, без усиления нижнего пояса.

10. Для подвесных балок пролетом до 6 *м* включительно под механизмы грузоподъемностью от 2 до 5 *т* включительно рекомендуется применять двутавровые балки № 24М — 45М по ГОСТ 5157—53*.

В случае затруднений в их получении возможно применение балок № 22—45 по ГОСТ 8239—56* с усилением нижней полки приваркой полосы.

11. Для прямолинейных подвесных балок пролетом более 6 *м*, а также балок пролетом 6 *м* под механизмы грузоподъемностью 5 *т* и выше рекомендуется, в целях экономии стали, применять сварные балки с нижним поясом из низкотаврового профиля или половины одного из прокатных двутавров, указанных в п. 8, и стенкой и верхним поясом из полосовой или широкополосной универсальной стали.

При электрических кранах грузоподъемностью 2—5 *т*, создающих значительные горизонтальные усилия, в качестве верхнего пояса рационально применять швеллеры по ГОСТ 8240—56 *.

4. МАТЕРИАЛЫ

12. Для подвесных балок под грузоподъемные механизмы, эксплуатируемых при температуре —30° С и выше, рекомендуется применять, как правило, сталь марки В Ст. 3пс по ГОСТ 380—60.

Для подвесных балок, эксплуатируемых при температуре ниже —30° С, применяется сталь марки В Ст. 3 по ГОСТ 380—60.

13. При интенсивной эксплуатации путей рекомендуется для подвесных балок применять более износоустойчивую и высокопрочную сталь с расчетным сопротивлением $R=2900$ *кг/см*^{2}, например, марки 14Г2 по ГОСТ 5058—57 *.

В сварных балках составного сечения сталь повышенной прочности применяется только для нижних, ездовых поясов из низкотавровых профилей или половин прокатных двутавров, а стенка и верхний пояс балки принимаются из обычной стали, согласно п. 12.

Для конструкций, эксплуатируемых при отрицательной температуре, низколегированная сталь должна удовлетворять требованиям по ударной вязкости при температуре —40° С в соответствии с ГОСТ 5058—57 * и ГОСТ 9455—60.

14. Материалы, применяемые для автоматической и ручной сварки элементов путей из стали марок 14Г2 и Ст. 3, приведены в табл. 11 приложения 2.

5. РАСЧЕТ ПРЯМЫХ БАЛОК ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ

15. Нормативные вертикальные нагрузки от механизмов подвесного транспорта (полезная нагрузка+собственный вес механизма) принимаются по данным соответствующих стандартов.

16. Нормативная горизонтальная продольная нагрузка, вызываемая торможением моста крана, принимается равной 0,2 от номинального вертикального давления тормозных пар ходовых колес.

Нормативная горизонтальная поперечная нагрузка, вызываемая торможением крановой тележки (тали), при-

нимается равной 0,05 от суммы веса крановой тележки (тали) и номинальной грузоподъемности крана — при гибком подвесе груза и 0,1 от той же суммы — при жестком подвесе. Эта нагрузка передается на одну балку кранового пути, равномерно распределяясь между всеми парами опирающихся на нее колес. Горизонтальные продольные и поперечные нагрузки считаются приложенными на уровне нижнего пояса балки кранового пути.

17. Коэффициенты перегрузки для однорельсовых механизмов принимаются равными:

для собственного веса — 1,1,

для полезной нагрузки — 1,2.

Коэффициенты перегрузки для кранов вводятся для вертикальных (давление колеса на путь) и горизонтальных нагрузок и принимаются равными 1,2.

18. Коэффициент динамичности к вертикальным нагрузкам принимается равным 1,1 — только при расчете креплений балок путей к несущим конструкциям.

19. Коэффициент условий работы для конструкций подвесных путей принимается равным 1.

20. При расчете путей учитываются:

вертикальные нагрузки от фактического числа механизмов, но, как правило, не более чем от двух;

горизонтальные нагрузки, вызываемые торможением электрического крана или тележек (талей) крана, от фактического числа кранов, но не более двух.

21. Расчет конструкций подвесных путей по первому предельному состоянию (на прочность и устойчивость) производится на воздействие расчетных нагрузок (по упругой стадии работы материалов) и по второму предельному состоянию (на деформативность) — на воздействие нормативных нагрузок; при этом номера прокатных балок принимаются из числа указанных для механизмов соответствующей грузоподъемности в табл. 7 и 8 приложения 2 настоящей инструкции, с проверкой напряжений по нижеуказанной методике.

Сечение сжатого пояса балки проверяется в общем случае по формулам:

на прочность

$$\frac{M_x}{W_x} \mp \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{B_{\text{макс}}\,\omega}{J_\omega} \leqslant R; \qquad (1)$$

на устойчивость

$$\frac{M_x}{\varphi_б W_x} \mp \frac{M_y}{W_y} \pm \frac{B_{макс}\,\omega}{J_\omega} \leqslant R. \qquad (2)$$

Сечение растянутого ездового пояса балки проверяется в общем случае по формулам:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{B_{макс}\,\omega}{J_\omega} + \sigma_x^м \leqslant \sigma_т; \qquad (3)$$

$$\sigma_y^м \leqslant R. \qquad (4)$$

В формулах (1)—(4):

M_x, M_y — расчетные изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$B_{макс}$ — изгибно-крутящий бимомент;

W_x, W_y — моменты сопротивления;

J_ω — секториальный момент инерции;

ω — секториальная площадь;

$\sigma_x^м$, $\sigma_y^м$ — местные напряжения, определяемые согласно п. 22 настоящей инструкции;

$\varphi_б$ — коэффициент понижения несущей способности балок при проверке общей устойчивости, определяемый согласно приложению 1 главы СНиП II-В.3-62 «Стальные конструкции. Нормы проектирования» и приложению 3 настоящей инструкции;

$\sigma_т$ — предел текучести.

Примеры расчета подвесных балок приведены в приложении 5 настоящей инструкции.

22. Местные напряжения от давления колес в полке ездового пояса балки определяются по формулам:

поперечное напряжение от местного изгиба полки

$$\sigma_y^м = \frac{k_1 P_к}{t_к^2}; \qquad (5)$$

продольное напряжение от местного изгиба полки

$$\sigma_x^м = \frac{k_3 P_к^н}{t^2}, \qquad (6)$$

где $P_к$, $P_к^н$ — соответственно расчетное и нормативное давление на колесо:

t — толщина полки на расстоянии 0,25 $(b—d)$ от кромки;

$t_к$ — условная толщина полки по грани стенки (рис. 1);

k_1, k_3 — коэффициенты, определяемые по графикам (см. рис. 1).

Примечание. При усилении нижнего пояса приваркой полосы толщина полки в формуле (6) принимается равной сумме толщин полосы и полки двутавра.

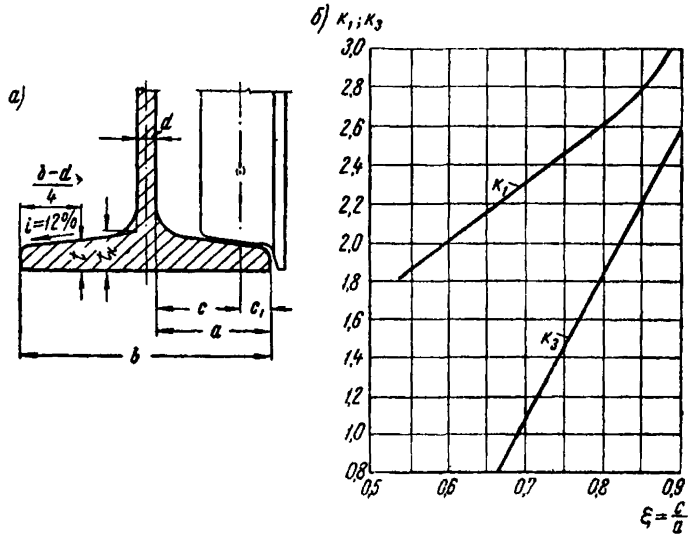


Рис. 1. Определение коэффициентов k_1 и k_3

а — схема опирания колеса (c_1 — координата контакта колеса, равная для талей грузоподъемностью 0,5 *т* — 12 *мм*, 1—2 *т* — 13 *мм* и 3,2—10 *т* — 16 *мм*); *б* — графики k_1 и k_3 (по данным Б. М. Розенштейна)

23. Прогибы балок подвесных путей не должны превышать: для подвесных кранов $\frac{1}{500} L$ и для однорельсовых механизмов $\frac{1}{400} L$, где L — пролет балки.

Наибольший прогиб крайнего пролета неразрезной трехпролетной балки при двух одинаковых кранах на колее можно определять с достаточной точностью по формуле

$$f = \frac{y_{пр} P^{н}_{кар} 10^2}{J_x}, \qquad (7)$$

где $P^{н}_{кар}$ — нормативное давление в *кг* каретки крана на путь;

J_x — момент инерции сечения;

$y_{пр}$ — приведенная ордината линии влияния прогибов.

При пролете 12 *м* и любой ширине кранов $y_{пр}=0{,}452$.

При пролете 6 *м* и ширине кранов $B=2$ *м* $y_{пр}=0{,}048$, при $B=3$ *м* $y_{пр}=0{,}039$; для промежуточных значений B величина $y_{пр}$ получается путем интерполяции.

6. КОНСТРУКЦИИ ПРЯМЫХ УЧАСТКОВ ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ

24. Прямые участки подвесных путей компонуются из стандартных отправочных элементов. Основные из них принимаются длиной 6 и 12 *м*. Примерные схемы компоновки и маркировки стандартных элементов приведены на рис. 1 приложения 4, а унифицированная разбивка дыр для их крепления — на рис. 2.

25. Монтажные стыки неразрезных подвесных балок для удобства сварки и качественного выполнения стыка ездовых полок выносятся на расстояние 0,5 *м* от осевой плоскости ферм (балок) покрытий и перекрытий (рис. 3 приложения 4).

Монтажные стыки принимаются сварными в стык.

При этом торцы балок рекомендуется фрезеровать.

26. Температурные стыки конструируются по типу, указанному на рис. 4 приложения 4.

27. Концевые упоры осуществляются прибалчиванием уголковых деталей к стандартным балкам (рис. 5 приложения 4).

28. Конструктивное решение крепления подвесных балок к фермам (балкам) покрытия должно обеспечивать передачу на ферму нагрузок от подвесной балки, необходимое для устойчивости балки защемление ее от поворота вокруг продольной оси, а также возможность при монтаже вертикальной и горизонтальной рихтовки балок на ±30 *мм*.

29. Достаточное защемление подвесных балок достигается при креплении балки в узле к подвесному столику болтами — за счет жесткости узлов металлических или железобетонных ферм, а при креплении подвесного пути между узлами нижнего пояса ферм — за счет жесткости на изгиб металлической подвески (рис. 6—13 при-

ложения 4); при этом гибкость подвески при железобетонных фермах в плоскости фермы должна быть не более 100.

30. При расчете и конструировании деталей крепления подвесных балок к стропильным конструкциям следует принимать, что расчетная опорная реакция балок передается равномерно через все болты крепления.

31. Возможность вертикальной рихтовки балок при монтаже рекомендуется обеспечивать назначением номинального зазора 30 *мм* между подвесным столиком и верхней полкой балки (см. рис. 6 приложения 4), заполняемого подвариваемыми монтажными прокладками.

При креплении путей к стальным фермам необходимо предусматривать возможность горизонтальной рихтовки лишь в поперечном направлении путем устройства овальных дыр в нижней полке подвесного столика и в поясе фермы (см. рис. 11, 12 приложения 4).

При креплении путей к железобетонным фермам следует предусматривать возможность горизонтальной рихтовки в поперечном и продольном направлениях путем устройства в подвесном столике дыр большего диаметра (см. рис. 6 приложения 4).

32. Крепление подвесных столиков к железобетонным фермам рекомендуется производить при помощи специальных закладных элементов, располагаемых по нижнему и верхнему поясам ферм (см. рис. 6—8 приложения 4).

Примечание. Закладные детали предусматриваются в чертежах железобетонных конструкций.

При необходимости подвески путей к готовым фермам цеха или невозможности устройства закладных элементов подвесные столики крепятся к фермам при помощи хомутов (см. рис. 9 приложения 4).

33. Стальные закладные элементы и другие детали крепления подвесок должны воспринимать наибольшую реакцию (или ее составляющие) от расчетного числа подвесных устройств на одном пути.

34. Крепление балок подвесных путей к металлическим фермам производится непосредственно к нижнему поясу ферм (см. рис. 10, 11 приложения 4) или при необходимости пониженного расположения путей из-за связей и подстропильных ферм к столикам (см. рис. 12 приложения 4).

35. В сварных балках подвесных путей в местах креп-

ления их рекомендуется установка дополнительных коротышей из уголков.

36. В сварных балках отношение высоты стенки h к ее толщине d следует принимать не более 110.

При $\frac{h}{d} = 70 \div 110$ стенки укрепляются, для обеспечения устойчивости, короткими поперечными ребрами высотой $h/3$, располагаемыми на расстоянии не более 2 h.

Сварные швы, крепящие ребра к стенке, рекомендуется не доводить до низа ребра на 40—50 *мм*.

37. Прочие конструктивные требования — в соответствии с нормами проектирования стальных конструкций СНиП II-В.3-62.

7. СВЯЗИ ПРОДОЛЬНЫХ ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ

38. Продольная неизменяемость и жесткость каждого прямолинейного участка пути под электрические тали и краны обеспечивается:

в покрытиях по железобетонным фермам — подкосами, расположенными в плоскости подвесок (рис. 13 приложения 4);

в покрытиях по металлическим фермам — подкосами или привязкой к узлу нижних горизонтальных связей покрытия.

Подкосы располагаются в крайних пролетах подвесных путей.

39. Монтажные примыкания горизонтальных и вертикальных связей подвесных путей для удобства монтажа осуществляются с использованием монтажных болтов и последующей монтажной сварки, что позволяет без подгоночных работ компенсировать неточности изготовления связей и установки ферм и балок (см. рис. 13 приложения 4).

40. В связи с отсутствием данных проверки в производственных условиях влияния начальных искривлений на статическую и динамическую жесткость 12-*м* подвесных балок рекомендуется постановка в каждом пролете не учитываемых расчетом поперечных растяжек по типу, указанному на рис. 14 приложения 4.

8. КОНСТРУКЦИИ КРИВЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ

41. На криволинейных участках пути применяются прокатные двутавры тех же номеров, что и на прямоли-

нейных; при применении на прямолинейных участках сварных балок с нижним поясом из низкотаврового профиля на кривых применяются сварные двутавры с поясами одинаковой или близкой ширины, образуемые из того же тавра и двух листов или тавра и части прокатного двутавра; при применении на прямолинейных участках сварных балок с нижним поясом из половины прокатного двутавра на криволинейном участке применяется соответствующий целый прокатный двутавр.

Количество промежуточных опор при данном радиусе кривизны, обеспечивающее в балке криволинейного участка сохранение в допускаемых пределах величины суммарных напряжений от кручения, общего и местного изгиба, принимается по данным табл. 1 (см. также рис. 15 приложения 4).

42. В месте сопряжения продольных и поперечных участков пути монтажные и заводские стыки следует располагать, как это показано на рис. 16 приложения 4, с тем чтобы использовать стандартные отправочные элементы прямолинейных путей. При этом величина радиуса кривизны кривого участка пути под ручные и электрические тали и однопутные тележки, назначаемая заказчиком проекта здания (технологической организацией), уточняется в проекте в пределах возможного изменения радиусов, указанных в таблице.

43. Для опирания поперечных участков пути между стропильными фермами устанавливаются специальные поперечные балки; для опирания кривых участков пути, в случае необходимости, устанавливаются дополнительные балки между поперечными.

Неизменяемость и жесткость каждого поперечного участка пути обеспечивается устройством горизонтальных связей между поперечными балками и подкоса в вертикальной плоскости.

Схемы расположения поперечных и дополнительных балок, связей и подкосов приведены на рис. 17 приложения 4.

Монтажное сопряжение стандартных отправочных элементов прямых участков пути с криволинейными показано на рис. 18 приложения 4.

Детали промежуточной опоры кривого участка пути приведены на рис. 19 приложения 4.

Таблица 1

Количество промежуточных опор на кривой при повороте пути на 90°

Грузоподъемность эл. тали в *т*	Номера двутавров	При радиусе закругления в *м*					
		1	1,5	2	2,5	3	4
Для балок из двутавров по ГОСТ 5157—53*							
0,25	18М, 24М	0	0	0	0	1	1
0,5	18М	0	0	1	1	1	1
	24М	0	0	0	0	1	1
1	24М	0	1	1	1	1	1
	30М, 36М	0	0	1	1	1	1
2	24М	1	1	1	1	2	2
	30М, 36М	1	1	1	1	1	1
3	30М, 36М, 45М		1	1	1	2	2
5	30М, 36М, 45М			2	2	2	3
10	45М				2	2	3
Для балок из двутавров по ГОСТ 8239—56*							
0,25	12	1	1	1	1	1	2
	16—20	0	1	1	1	1	1
	24	0	0	0	1	1	1
0,5	16,18	1	1	1	1	2	2
	22,24	1	1	1	1	1	1
1	16	2	2	2	3	3	4
	18	1	1	2	2	2	3
	22,24	1	1	1	2	2	2
2	20	2	2	2	3	3	4
	24	1	1	2	2	2	3
	27,30	1	1	1	2	2	3
3	27		2	2	2	3	3
	30—36		2	2	2	2	3
5	27			3	3	4	4
	30—36			2	3	3	4
10	33—45				4	4	4

44. Возможные решения опирания поперечных балок при железобетонных фермах приведены на рис. 20 и 21 приложения 4.

9. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ И МОНТАЖУ ПОДВЕСНЫХ ПУТЕЙ

45. Для обеспечения качественности изготовления и установки подвесных путей в чертежах КМ и монтажных рабочих чертежах необходимо давать основные монтажные стыки балок и узлы их подвески с указанием рихтовочных зазоров и допусков на изготовление и монтаж путей.

46. Допуски на изготовление подвесных балок принимаются согласно табл. 12 приложения 2.

47. Допуски на монтаж подвесных путей под однорельсовые механизмы (тали, кошки), двух- и многоопорные подвесные краны принимаются согласно табл. 13 приложения 2.

48. Для предотвращения расстройства соединений подвесных балок со столиками необходимо предусматривать постановку получистых болтов, сильную затяжку их с зачеканкой резьбы или подваркой гаек.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МЕХАНИЗМЫ ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТА

В качестве механизмов внутрицехового подвесного транспорта применяются:

1) тали электрические грузоподъемностью от 0,25 до 5 *т* (ГОСТ 3472—63);

2) тележки электрические однорельсовые с крюком среднего режима работы с кабиной (ГОСТ 7486—55);

3) тележки электрические однорельсовые с грейфером грузоподъемностью 2 и 3 *т* (ГОСТ 7485—55);

4) тали червячные грузоподъемностью от 1 до 10 *т* (ГОСТ 1107—54);

5) тали шестеренные грузоподъемностью от 0,25 до 10 *т* (ГОСТ 2799—54);

6) кошки ручные с червячным подъемным механизмом грузоподъемностью от 1 до 10 *т* (ГОСТ 1106—54);

7) кошки с ручным приводом грузоподъемностью от 0,5 до 3 *т* (ГОСТ 47—63);

8) краны подвесные электрические однобалочные общего назначения грузоподъемностью от 0,25 до 5 *т* (ГОСТ 7890—56);

9) кран-балки подвесные ручные общего назначения грузоподъемностью от 0,25 до 3 *т* (ГОСТ 7413—55);

10) подвесные краны-штабелеукладчики грузоподъемностью 0,2; 0,5; 0,8 и 3,2 *т*;

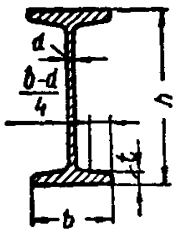
11) краны многоопорные и специального назначения.

Примечания: 1. Тали пп. 4 и 5 не имеют ходовой части и могут устанавливаться стационарно или на кошках, указанных в п. 7.

2. Нормализованные конструкции ручных кошек грузоподъемностью до 1 *т* включительно разработаны ВНИИНМаш (Нормали машиностроения МН 3584—62 — МН 3609—62 «Пути однорельсовые подвесные». Стандартгиз, М., 1963).

3. Рабочие чертежи подвесных кранов-штабелеукладчиков грузоподъемностью 0,2; 0,5 и 0,8 *т* разработаны ЦКБА УМП МосгорСНХ и грузоподъемностью 3,2 *т* — ВНИИПТМаш.

4. Рабочие чертежи типовых многоопорных кранов разрабатываются ВНИИПТМаш.



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ БАЛОК И ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕЙ ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТА

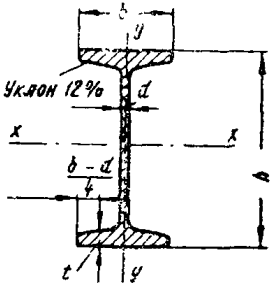
Таблица 1

Основные размеры сечений двутавровых балок для подвесных путей

Грузоподъемность Q в $т$	Минимальная высота балки h в $мм$	Тали электрические, ГОСТ 3472—63	Кошки с ручным приводом, ГОСТ 47—63	Кошки с червячным приводом, ГОСТ 1106—54	Электрические тележки с грейфером, ГОСТ 7485—55	Электрические тележки с крюком, ГОСТ 7486—55	Кран-балки ручные, ГОСТ 7413—55	Электрические краны подвесные, ГОСТ 7890—56	Подвесные краны-штабелеукладчики
		Ширина полки b в $мм$ / Толщина полки t в $мм$							
0,25	140	74—115 / 7,5—14	64—81 / 7,3—7,8	—	—	—	80—116 / 9,1—13	80—116 / 9,1—13	110—130* / 14—15
0,5	160	81—115 / 7,5—14	73—90 / 7,5—12	—	—	—	80—116 / 9,1—13	88—126 / 9,9—14,4	110—130 / 14—15
1	200	90—130 / 12—16	81—100 / 7,8—12	88—130 / 9,9—15	—	116—126 / 13—14,4	88—136 / 9,9—15,8	100—136 / 11,4—15,8	110—130** / 14—16
2	220	90—130 / 12—16	100—115 / 8,4—14	—	136—150 / 15,8—18	116—126 / 13—14,4	100—136 / 11,4—15,8	116—142 / 13—16,5	—
3,2 (3)	240	122—150 / 15—18	110—125 / 8,7—14	110—150 / 12,3—18	136—150 / 15,8—18	136—150 / 15,8—18	116—150 / 13—18	126—166 / 14,4—21	122—150 / 15—18
5	240	122—150 / 15—18	—	126—150 / 14,4—18	—	136—150 / 15,8—18	—	136—166 / 15,8—21	—
10	300	—	—	142—158 / 16,5—20	—	158—166 / 20—21	—	—	—

* Q=0,2 $т$.
** Q=0,8 $т$.

Таблица 2



Характеристики двутавров по ГОСТ 5157—53*

J — момент инерции;
W — момент сопротивления;
J_ω — секториальный момент инерции;
ω — секториальная площадь для крайней точки;
$J_к$ — момент инерции при свободном кручении;
α — изгибно-крутильная характеристика.

№ профиля	Вес 1 пог. м	Размеры				Площадь сечения	Справочные величины							
							Ось X—X		Ось Y—Y		J_ω	ω	$J_к$	$\alpha=\sqrt{\frac{GJ_к}{EJ_\omega}}$
		h	b	d	t		J_x	W_x	J_y	W_y				
	в кг	в мм				в $см^2$	в $см^4$	в $см^3$	в $см^4$	в $см^3$	в $см^6$	в $см^2$	в $см^4$	в $см^{-1}$
18М	25,8	180	90	7	12	32,9	1 760	195,5	132	29,3	8 180	37,2	15,14	0,0265
24М	38,3	240	110	8,2	14	48,7	4 630	385,8	280	50,9	34 240	61,2	29,88	0,0186
30М	50,2	300	130	9	15	63,9	9 400	627	490	75,4	94 280	91,3	45,18	0,0135
36М	57,9	360	130	9,5	16	73,7	15 300	850	527	81	149 100	104,4	57,07	0,012
45М	77,5	450	150	10,5	18	98,7	31 900	1 420	908	121	405 250	160	94,5	0,0094

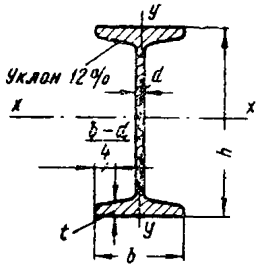


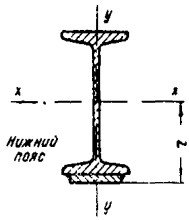
Таблица 3

Характеристики двутавров по ГОСТ 8239—56*, применяемых для путей подвесного транспорта

J — момент инерции при изгибе;
W — момент сопротивления;
$J_к$ — момент инерции при свободном кручении;
J_ω — секториальный момент инерции;
ω — секториальная площадь для крайней точки;
α — изгибно-крутильная характеристика.

№ профиля	Вес 1 пог. м	Размеры				Площадь сечения	Справочные величины							
							Ось X—X		Ось У—У					
		h	b	d	t		J_x	W_x	J_y	W_y	$J_к$	J_ω	ω	$\alpha=\sqrt{\frac{GJ_к}{EJ\omega}}$
	в кг	в мм				в $см^2$	в $см^4$	в $см^3$	в $см^4$	в $см^3$	в $см^4$	в $см^6$	в $см^2$	в $см^{-1}$
14	13,7	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	41,9	11,5	3,48	1 731	23,75	0,02775
16	15,9	160	81	5	7,8	20,2	873	109	58,6	14,5	4,36	3 201	30,3	0,0228
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1 290	143	82,6	18,4	5,43	5 759	38,04	0,01897
20	21	200	100	5,2	8,4	26,8	1 840	184	115	23,1	6,73	10 006	47,11	0,01612
22	24	220	110	5,4	8,7	30,6	2 550	232	157	28,6	8,33	16 588	57,16	0,01378
22а	25,8	220	120	5,4	8,9	32,8	2 790	254	206	34,3	9,52	21 616	62,2	0,01304
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3 460	289	198	34,5	10,93	24 969	65,23	0,01304
24а	29,4	240	125	5,6	9,8	37,5	3 800	317	260	41,6	12,71	32 557	70,71	0,01225
27	31,5	270	125	6	9,8	40,2	5 010	371	260	41,5	13,5	41 606	80,08	0,01095
27а	33,9	270	135	6	10,2	43,2	5 500	407	337	50,0	15,86	53 862	86,25	0,01049
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7 080	472	337	49,9	17,18	66 998	96,37	0,01
30а	39,2	300	145	6,5	10,7	49,9	7 780	518	436	60,1	20,33	86 259	103,22	0,00949
33	42,2	330	140	7	11,2	53,8	9 840	597	419	59,9	23,30	101 096	110,04	0,00949
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13 380	743	516	71,1	31,42	148 245	124,38	0,00894
45	65,2	450	160	8,6	14,2	83	27 450	1 220	807	101	53,93	365 397	172,3	0,00775

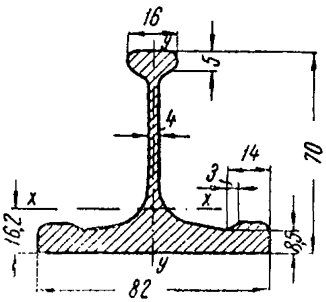
Таблица 4



Характеристики двутавров по ГОСТ 8239—56*, усиленных полосой

№ двутавра	Полоса	Общая площадь сечения	Вес 1 пог. м профиля	Справочные величины				Координата центра тяжести Z
				Ось X—X			Ось У—У	
				J_x	$W_x^в$	$W_x^н$	J_y	
	в мм	в $см^2$	в кг	в $см^4$	в $см^3$		в $см^4$	в см
20	90×4	30,4	23,9	2 170	194	236	139	9,2
22	100×4	34,6	27,2	2 990	243	296	190	10,1
22	100×8	38,6	30,3	3 370	252	359	223	9,4
22а	110×8	41,6	32,6	3 700	276	394	296	9,4
24	100×6	40,8	32,1	4 230	307	392	248	10,8
24а	110×6	44,1	34,6	4 650	336	430	327	10,8
27	110×4	44,6	35	5 750	388	456	305	12,6
27	110×8	49	38,5	6 400	400	543	350	11,8
27а	120×6	50,4	39,6	6 670	430	550	423	12,1
27а	120×8	52,8	41,4	7 030	440	596	452	11,8
30	120×6	53,7	42,2	8 540	503	627	423	13,6
30	120×8	56,1	44	8 960	510	678	452	13,2
30	120×10	58,5	45,9	9 370	515	731	481	12,8
30а	130×8	60,3	47,3	9 820	558	744	582	13,2
33	130×6	61,6	48,4	11 760	632	785	529	15
36	130×4	67,1	52,7	14 970	770	880	589	17
36	130×6	69,7	54,7	15 700	785	945	626	16,6
36	130×10	74,9	58,8	17 060	805	1 080	699	15,8
45	140×4	88,6	69,6	30 180	1 237	1 400	899	21,5
45	140×12	99,8	78,4	34 920	1 320	1 760	1 082	19,8
45	140×16	105,4	83	37 030	1 350	1 940	1 174	19,1

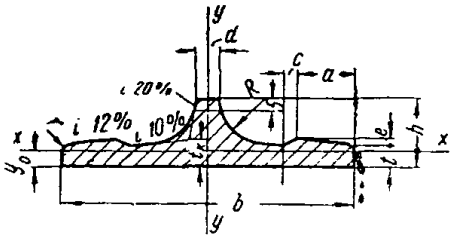
Таблица 5



Характеристики таврового рельса по ГОСТ 5157—53*

Вес 1 пог. м	Площадь сечения	Справочные величины				
		Ось X—X			Ось У—У	
		J_x	W_x		J_y	W_y
			верх	низ		
в кг	в $см^2$	в $см^4$	в $см^3$		в $см^4$	в $см^3$
9,4	11,96	50,05	9,3	30,9	46,97	11,18

Таблица 6



Характеристики низкотавровых профилей по ВТУ[1]

b — ширина тавра;
h — высота тавра;
t — толщина полки;
a — ширина поверхности катания;
R — радиус внутреннего закругления;
r — радиус закругления;
y_0 — расстояние от центра тяжести наружной грани полки;
J — момент инерции.

№ профиля	Вес 1 пог. м в кг	Размеры											Площадь сечения	Справочные величины	
		b	h	t	a	d	e	c	R	r	$t_к$	y_0		J_x	J_y
		в мм											в $см^2$	в $см^4$	в $см^4$
1	8,4	100	24,4	8	20	6	2,4	5	12	4	9,9	6,20	10,7	2,7	75,6
2	13,2	120	28	11	25	8	3	5	12	6	13,4	7,85	16,8	5,4	179,8
3	16	120	31	14	25	8	3	5	12	6	16,4	9,15	20,4	8	222,3
4	20,7	120	36	19	25	8	3	5	12	6	21,4	11,2	26,4	14,4	294,3
5	30,2	150	40	22	30	10	4	5	12	6	25,2	12,5	38,4	26,2	682,3

[1]Согласно ВТУ Константиновский завод имени Фрунзе поставляет профили № 2—4 при заказе партий весом не менее 20 *т*. Профили изготовляются в соответствии с требованиями потребителя из сталей марки 14Г2 по ГОСТ 5058—57* и марок Ст. 3 по ГОСТ 380—60.

Номера двутавровых балок по ГОСТ 5157—53*, допустимых для путей под механизмы различного вида и грузоподъемности

Таблица 7

Грузоподъемность в *т*	Вид механизма							
	тали электрические, ГОСТ 3472—63	кошки с ручным приводом, ГОСТ 47—63	кошки с червячным приводом, ГОСТ 1106—54	электрические тележки с грейфером, ГОСТ 7485—55	электрические тележки с крюком, ГОСТ 7486—55	кран-балки ручные, ГОСТ 7413—55	электрические краны подвесные, ГОСТ 7890—56	подвесные краны-штабелеукладчики
	Номера двутавров / Давление на каток в *т*							
0,25	18М,24М / 0,15	—	—	—	—	18М—30М / 0,13—0,24	18М,24М / 0,15—0,3	24М,30М** / 0,47
0,5	18М,24М / 0,325	18М / 0,15	—	—	—	18М—30М / 0,2—0,36	18М—30М / 0,2—0,43	24М,30М / 0,5
1	24М—36М / 0,5	18М / 0,3	18М—30М / 0,4	—	24М,30М / 0,6	24М—36М / 0,4—0,6	24М—36М / 0,47—0,68	24М—36М*** / 0,8
2	24М—36М / 0,875	24М / 0,6	—	36М,45М / 0,83	24М,30М / 0,7	24М—36М / 0,7—0,9	24М—36М / 0,8—1	—
3,2 (3)	30М—45М / 1,26	24М / 0,9	24М—45М / 1	36М,45М / 0,9	36М,45М / 0,9	30М—45М / 1,1—1,35	30М—45М / 1,15—1,43	30М—45М / 0,55—0,61
5	30М—45М / 1,1	—	30М—45М / 2	—	36М,45М / 1,2	—	36М,45М / 0,9—1,06	—
10	—	—	45М* / 2,7	—	45М* / 1,85	—	—	—

* Профиль требует усиления нижней полки полосой 140×12.
** $Q=0{,}2$ *т*.
*** $Q=0{,}8$ *т*.

Таблица 8

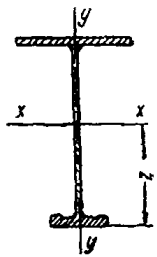
Номера двутавровых балок по ГОСТ 8239—56*, допустимых для путей под механизмы различного вида и грузоподъемности

Грузоподъемность в *т*	Номера двутавров	Сечение полосы, усиливающей нижний пояс[1], в *мм*	Максимальное давление на каток в *т*	Тали электрические, ГОСТ 3472—63	Кошки с ручным приводом, ГОСТ 47—63	Кошки с червячным приводом, ГОСТ 1106—54	Электрические тележки с грейфером, ГОСТ 7485—55	Электрические тележки с крюком, ГОСТ 7486—55	Кран-балки ручные, ГОСТ 7413—55	Электрические краны подвесные, ГОСТ 7890—56	Подвесные краны-штабелеукладчики
0,25	12—14	—	0,15	+	+	нет	нет	нет	—	—	—
	16—24	—	0,3	+	—				+	+	+
0,5	16—18	—	0,33	+	+	нет	нет	нет	+	—	—
	20—24	—	0,43	+	—				+	+	+
	27	—	0,43	—	—				—	+	+
1	20	90×4	0,5	+	+	+	нет	—	+	—	—
	22	100×4		+	—	+		—	+	+	—
	22а	—		+	—	+		—	+	+	—
	24	—		+	—	+		+	+	+	—
	24а	—	0,7	—	—	+		+	+	+	+
	27	—		—	—	+		+	+	+	+
	27а	—		—	—	—		—	+	+	—
	30	—		—	—	—		—	+	+	—
2	22	100×8	0,9	+	+	нет	—	—	+	—	нет
	22а	110×8		+	—		—	—	+	—	
	24	100×6		+	+		—	+	+	+	
	24а	110×6		+	—		—	+	+	+	
	27	110×4		+	—		—	+	+	+	
	27а	120×6	1	+	—		—	—	+	+	
	30	120×6		+	—		+	—	+	+	
	36	130×4		—	—		+	—	—	+	
3,2 (3)	27	110×8	1,4	+	+	+	—	—	+	+	+
	27а	120×8		+	—	+	—	—	+	+	+
	30	120×8		+	—	+	+	+	+	+	+
	30а	130×8		+	—	+	+	+	+	+	+
	33	130×6		+	—	+	+	+	+	+	+
	36	130×6		+	—	+	+	+	+	+	+
	45	140×4		—	—	—	—	—	—	+	—
5	30	120×10	1,2	+	нет	+	нет	+	нет	+	нет
	36	130×6		+		—		+		+	
	36	130×10	2	—		+		—		—	
10	45	140×16	2,7	нет	нет	+	нет	+	нет	нет	нет

[1] Полосы, усиливающие нижний пояс двутавра, привариваются двумя непрерывными швами толщиной 4 *мм*, за исключением полос толщиной 10, 12 и 16 *мм*, привариваемых швом 6 *мм*.

Обозначения: + — применение допустимо;
— — » исключено.

Таблица 9



Характеристики сечений неразрезных[1] сварных балок пролетом 12 *м* под одну электроталь по ГОСТ 3472—63

Грузоподъемность тали	Состав сечения			Площадь сечения	Вес 1 *пог. м*	Справочные величины				Координата центра тяжести z
	верхний пояс	стенка	нижний пояс-тавр			J_x	W_x		J_y	
							верх	низ		
в *т*	в *мм*		№	в *см*^{2}	в *кг*	в *см*^{4}	в *см*^{3}		в *см*^{4}	в *см*
0,5	180×6	250×5	1	34	26,69	4 595	340	317	367	14,49
1	200×8	280×5	1	40,7	31,95	6 820	512	380	608	17,94
2	240×8	320×5	2	52	40,82	11 970	723	627	1104	19,05
3,2(3)	260×8	380×6	3	64	50,24	19 755	975	915	1393	21,6
5	250×10	450×6	3	72,4	56,83	30 175	1340	1 130	1522	26,6

[1] Балки рассчитаны по двухпролетной схеме.

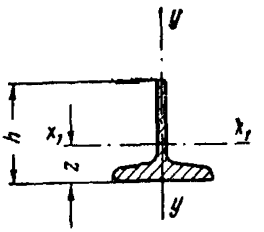


Таблица 10

Характеристики тавровых сечений из половинок двутавров по ГОСТ 5157—53*

J — момент инерции при изгибе;
$J_к$ — момент инерции при свободном кручении.

1/2 профиля №	Площадь сечения	Высота h	Моменты инерции			Координата центра тяжести z
			J_x	J_y	$J_к$	
	в $см^2$	в $см$	в $см^4$			в $см$
18М	16,45	9	102	66	7,6	2,1
24М	24,35	12	282	140	14,9	2,8
30М	31,95	15	607	245	22,6	3,6
36М	36,85	18	1 071	264	28,5	4,6
45М	49,35	22,5	2 300	454	47,2	5,9

Таблица 11

Сварочные материалы (по ГОСТ 9466—60, ГОСТ 9467—60, ГОСТ 9087—59)

Вид сварки	Марки стали соединяемых элементов	Марка проволоки или тип электрода	Марка флюса
Автоматическая	14Г2	Проволока Св. 08ГА	АН-348 или АН-60
	Ст. 3	То же, Св. 08А или Св. 08ГА	
	14Г2+Ст. 3		
Ручная	14Г2	Электроды Э50А	Нет
	Ст. 3	Электроды Э42	
	14Г2+Ст. 3	Электроды Э42А	

Таблица 12

Допускаемые отклонения от проектных размеров при изготовлении подвесных путей

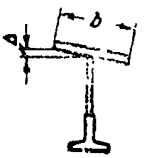
Размеры и технология выполнения операции	Интервалы размеров в *м*	
	4,5—9	9—15
Габаритные размеры отправочных элементов после изготовления		
При сборке на стеллажах по разметке на болтах в *мм*	7	10
Размеры между фрезерованными торцами в *мм*	2	2,5
Расстояния между группами монтажных отверстий в *мм*	5	7
Деформации от сварки		
 Перекос полок (Δ) в торцах марки	0,005 *b*	
То же, в прочих местах	0,010 *b*	
 Грибовидность полки (Δ) в торцах марки	0,005 *b*	
То же, в прочих местах	0,010 *b*	
Винтообразность элемента	1/1000 *L*, но не более 10 *мм*	
Стрелка прогиба в вертикальной плоскости	1/750 *L*, но не более 15 *мм*	
То же, в горизонтальной плоскости . . .	3	4

Таблица 13

Допускаемые отклонения от проектных размеров при монтаже подвесных путей

Пути под механизмы	Допускаемые отклонения в *мм*			
	разность отметок нижнего ездового пояса в одном разрезе пролета здания: на опорах / в пролете	разность отметок нижнего ездового пояса на соседних опорах вдоль пути	смещение опорного сечения балки с продольной разбивочной оси пути	отклонение верхнего и нижнего поясов от вертикальной плоскости, проходящей через центры опор
Однорельсовые (тали, кошки)	—	$1/1000\,L$, но не более 10	±20	±4
Двух- и многоопорные краны	10/15	$1/1500\,L$, но не более 10	±3	±4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА $\varphi_б$ ПОНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАЗРЕЗНЫХ И НЕРАЗРЕЗНЫХ ПОДВЕСНЫХ БАЛОК АСИММЕТРИЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕРКЕ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ [1]

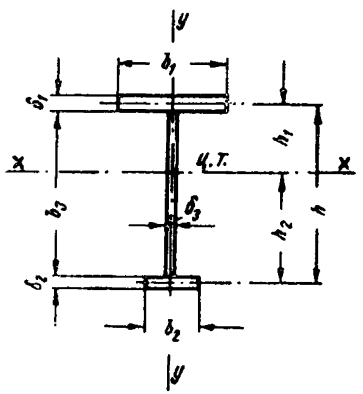


Рис. 1

Обозначения:

J_x, J_y — моменты инерции сечения относительно осей x, y;

J_1 — момент инерции более развитого пояса относительно оси y;

J_2 — момент инерции менее развитого пояса относительно оси y;

$n = \dfrac{J_1}{J_1 + J_2}$ — коэффициент асимметрии сечения;

$J_\omega = \dfrac{J_1 J_2}{J_y} h^2$ — секториальный момент инерции сечения;

$J_к = \dfrac{\gamma}{3} \Sigma b \delta^3$ — момент инерции при свободном кручении;

$\gamma = 1{,}25$ для двутавровых сечений с одной осью симметрии;

h_1 — расстояние от центра тяжести сечения до центра тяжести развитого пояса (рис.1);

l — пролет балки;

$\sigma_т$ — предел текучести;

E — модуль упругости при изгибе;

G — модуль упругости при сдвиге;

$$\alpha_1 = \frac{GJ_к}{EJ_\omega} l^2. \qquad (1)$$

---

* Составлено на основе работ, выполненных в лаборатории металлических конструкций ЦНИИСК имени Кучеренко Госстроя СССР канд. техн. наук Чувикиным Г. М.

[1] Формулы и таблицы даны для случая приложения сосредоточенной силы в середине пролета к нижнему поясу балки.

1. Коэффициент $\varphi_б$ ($\varphi_{б.н}$) для однопролетной свободно опертой балки в упругой стадии работы определяется по формулам:

а) при сжатии более развитого пояса

$$\varphi_б = \psi \frac{2J_y hh_1}{J_x l^2} 10^3 . \qquad (2)$$

Значение ψ в функции параметров n и α_1 для стали с пределом текучести 2400 *кг/см*^{2} определяется по табл. 1 приложения 3. Для стали с другим пределом текучести табличное значение ψ умножается на коэффициент $\frac{2400}{\sigma_{т1}}$.

Таблица 1

Значения ψ для однопролетной балки

α_1	Значения ψ при n равном				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	5,013	5,73	6,38	6,926	7,267
0,4	5,052	5,765	6,408	6,948	7,281
1	5,129	5,835	6,467	6,991	7,309
4	5,49	6,16	6,75	7,212	7,444
8	5,923	6,57	7,131	7,487	7,616
16	6,68	7,273	7,63	7,991	7,942
24	7,337	7,907	8,29	8,447	8,244
32	7,924	8,47	8,799	8,867	8,527
48	8,957	9,466	9,707	9,625	9,048
64	9,86	10,34	10,508	10,308	9.522
80	10,67	11,127	11,234	10,919	9,959
96	11,414	11,85	11,902	11,489	10,367
128	12,75	13,162	13,108	12,524	11,112
160	13,94	14,312	14,186	13,452	11,786
240	16,497	16,811	16,512	15,462	13,258
320	18,671	18,937	18,493	17,179	14,524
400	20,596	20,82	20,249	18,703	15,651

Если критическое напряжение превышает предел пропорциональности, т. е. если $\varphi_{б.н} = \varphi_б \frac{h_2}{h_1} \geqslant 0{,}85$, то в этом случае вместо величины $\varphi_б$ принимается величина $\varphi''_б$, определяемая по формуле:

$$\varphi''_б = \varphi_б \left[\frac{\varphi'_б}{\varphi_б} - 2{,}25\,(n - 0{,}5)\,(1 - n) \left(1 - \frac{\varphi'_{б.н}}{\varphi_{б.н}} \right) \right]; \qquad (3)$$

б) при сжатии менее развитого пояса вместо $\varphi_б$ определяется величина $\varphi_{б.н}$ по формуле

$$\varphi_{б.н} = \psi \frac{2J_y hh_2}{J_x l^2} 10^3, \qquad (4)$$

при этом величина ψ определяется по табл. 1 для случая $n=0{,}5$ и умножается на поправочный коэффициент K, принимаемый по рис. 2, *а*.

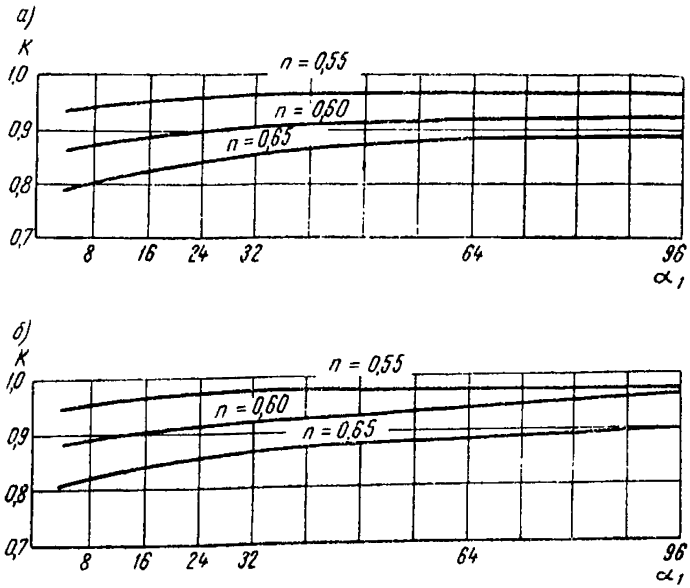


Рис. 2. Поправочные коэффициенты K к значениям ψ

а — для однопролетной балки; *б* — для крайнего пролета трехпролетной балки; при $\alpha_1>96$ значение K принимается для $\alpha_1=96$

При $\varphi_{б.н}>0{,}85$, а $\varphi_б \leqslant 85$, вместо $\varphi_{б.н}$ принимается величина $\varphi''_б$, определяемая по формулам:

при $n \geqslant 0{,}57$

$$\varphi''_б = \varphi_б \left[\frac{\varphi'_б}{\varphi_б} - 1{,}8\sqrt{1-n}\left(1 - \frac{\varphi'_{б.н}}{\varphi_{б.н}}\right)\right], \qquad (5)$$

при $n<0{,}57$

$$\varphi''_б = \varphi_б \left[\frac{\varphi'_б}{\varphi_б} - 16{,}9\,(n-0{,}5)\left(1 - \frac{\varphi'_б}{\varphi_б}\right)\right]. \qquad (6)$$

В формулах (3), (5) и (6) значения $\varphi'_б$ и $\varphi'_{б.н}$ принимаются по табл. 2 по соответствующим величинам $\varphi_б$ и $\varphi_{б.н}$ (для сталей с любыми пределами текучести).

2. Коэффициент $\varphi_б$ (или $\varphi_{б.н}$) для неразрезной балки с любым числом равных пролетов определяется по схеме трехпролетной балки по формулам п. 1 для двух случаев:

а) при проверке устойчивости крайнего пролета. При этом значение ψ для стали с пределом текучести 2400 *кг/см*^{2} принимается по

Таблица 2

Коэффициенты $\varphi'_б$ и $\varphi'_{б.н}$

$\varphi_б$ ($\varphi_{б.н}$)	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2
$\varphi'_б$ ($\varphi'_{б.н}$)	0,85	0,871	0,89	0,904	0,916	0,927	0,938	0,948
$\varphi_б$ ($\varphi_{б.н}$)	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	
$\varphi'_б$ ($\varphi'_{б.н}$)	0,957	0,964	0,973	0,98	0,987	0,994	1	

табл. 3, а поправочный коэффициент K к значению ψ в формуле (4) — по рис. 2, *б* приложения 3;

б) при проверке устойчивости среднего незагруженного пролета под действием двух грузов в крайних пролетах. В этом случае значение ψ для стали с пределом текучести 2400 *кг/см*^{2} определяется по табл. 4.

При проверке устойчивости среднего незагруженного пролета под действием одного груза в крайнем пролете, а также проверке устойчивости незагруженного пролета двухпролетной неразрезной балки табличное значение ψ умножается на коэффициент 1,85.

Таблица 3

Значения ψ для крайнего пролета трехпролетной балки

α_1	Значения ψ при n, равном				
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	6,016	6,829	7,597	8,275	8,911
0,4	6,057	6,862	7,625	8,294	8,921
1	6,129	6,929	7,68	8,334	8,942
4	6,482	7,247	7,944	8,527	9,05
8	6,903	7,638	8,278	8,777	9,192
16	7,669	8,341	8,806	9,24	9,464
24	8,335	8,964	9,426	9,669	9,724
32	8,934	9,53	9,928	10,069	9,972
48	9,997	10,541	10,832	10,804	10,442
64	10,93	11,436	11,637	11,473	10,884
80	11,776	12,246	12,377	12,080	11,285
96	12,55	12,99	13,059	12,644	11,667
128	13,947	14,345	14,298	13,676	12,375
160	15,196	15,555	15,412	14,635	13,028
240	17,888	18,178	17,838	16,707	14,494
320	20,101	20,42	19,924	18,501	15,789
400	22,195	22,413	21,783	20,112	16,963

Таблица 4

Значения ψ для среднего пролета трехпролетной балки при грузах в крайних пролетах

α_1	Значения ψ при n равном						
	сжат более развитый пояс		0,5	сжат менее развитый пояс			
	0,65	0,6		0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	2,632	2,487	2,17	1,817	1,384	1	0,528
0,4	2,66	2,519	2,202	1,835	1,456	1,023	0,543
1	2,72	2,581	2,266	1,909	1,511	1,067	0,568
4	2,966	2,865	2,559	2,194	1,77	1,275	0,697
8	3,322	3,201	2,905	2,53	2,074	1,526	0,858
16	3,871	3,776	3,495	3,151	2,602	1,966	1,148
24	4,346	4,268	4	3,598	3,055	2,348	1,408
32	4,774	4,701	4,447	4,034	3,46	2,691	1,645
48	5,516	5,474	5,228	4,797	4,166	3,296	2,07
64	6,155	6,141	5,907	5,461	4,793	3,782	2,456
80	6,734	6,726	6,515	6,153	5,337	4,302	2,791
96	7,48	7,326	7,072	6,6	5,802	4,739	3,108
128	8,217	8,248	8,068	7,578	6,754	5,527	3,656
160	9,066	9,120	8,956	8,447	7,483	6,23	4,197
240	10,879	10,983	10,864	10,313	9,308	7,745	5,313
320	12,368	12,568	12,48	11,989	10,788	9,029	6,316
400	13,8	13,9	13,908	13,301	12,098	10,169	7,11

Поправки к табличным значениям ψ в случае применения стали с другим пределом текучести $\sigma_{т1}$, а также учет возможности превышения критическим напряжением предела пропорциональности производится согласно соответствующим указаниям и формулам п. 1 приложения 3.

КОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ ПОДВЕСНОГО ТРАНСПОРТА

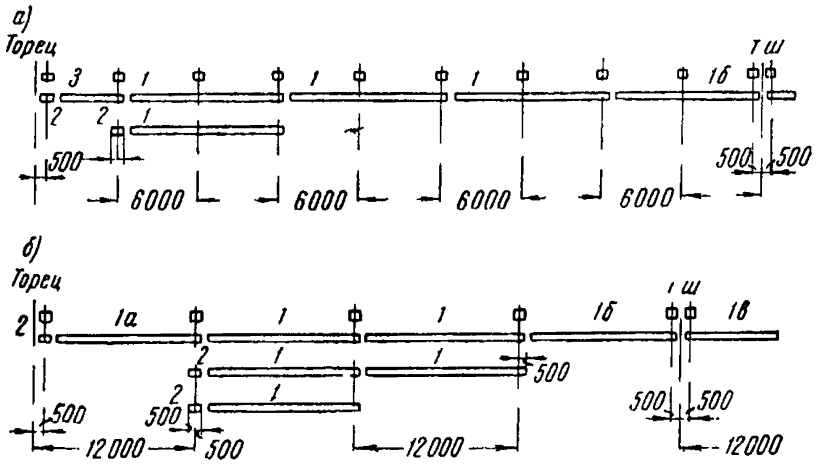


Рис. 1. Схемы компоновки прямых участков пути

а — при шаге ферм 6 *м*; *б* — при шаге ферм 12 *м*. Детали элементов 1б и 1в показаны на рис. 4

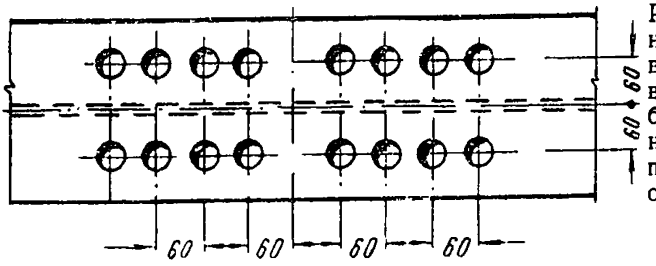


Рис. 2. Стандартная разбивка отверстий в отправочных элементах балок (в конкретном проекте используются четыре отверстия из числа стандартных)

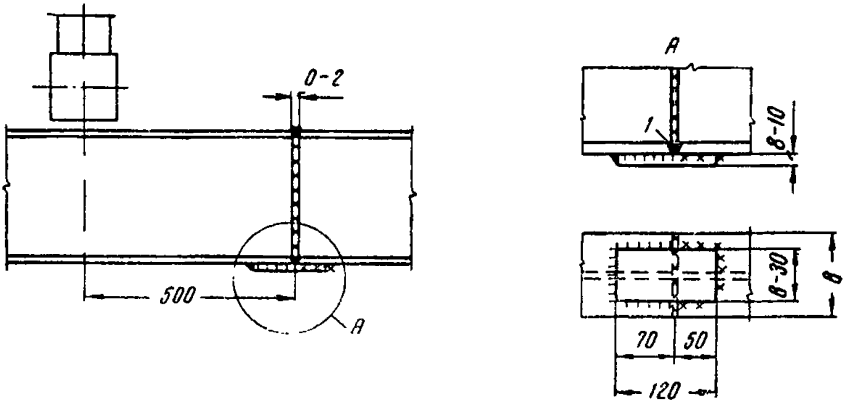


Рис. 3. Монтажный стык

1 — поперечный шов, поверхность которого зачищается заподлицо с ездовой поверхностью полки

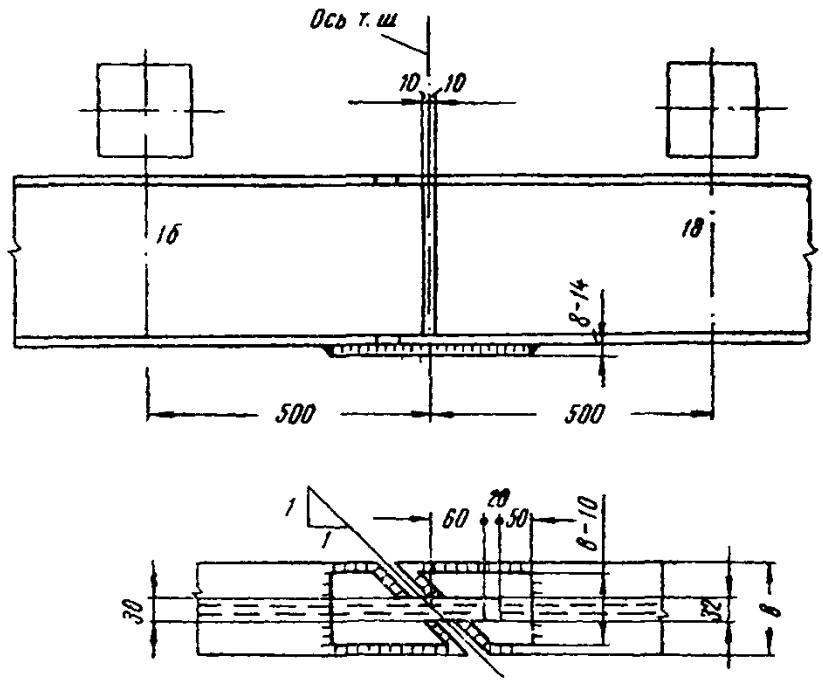


Рис. 4. Стык балок в температурном шве

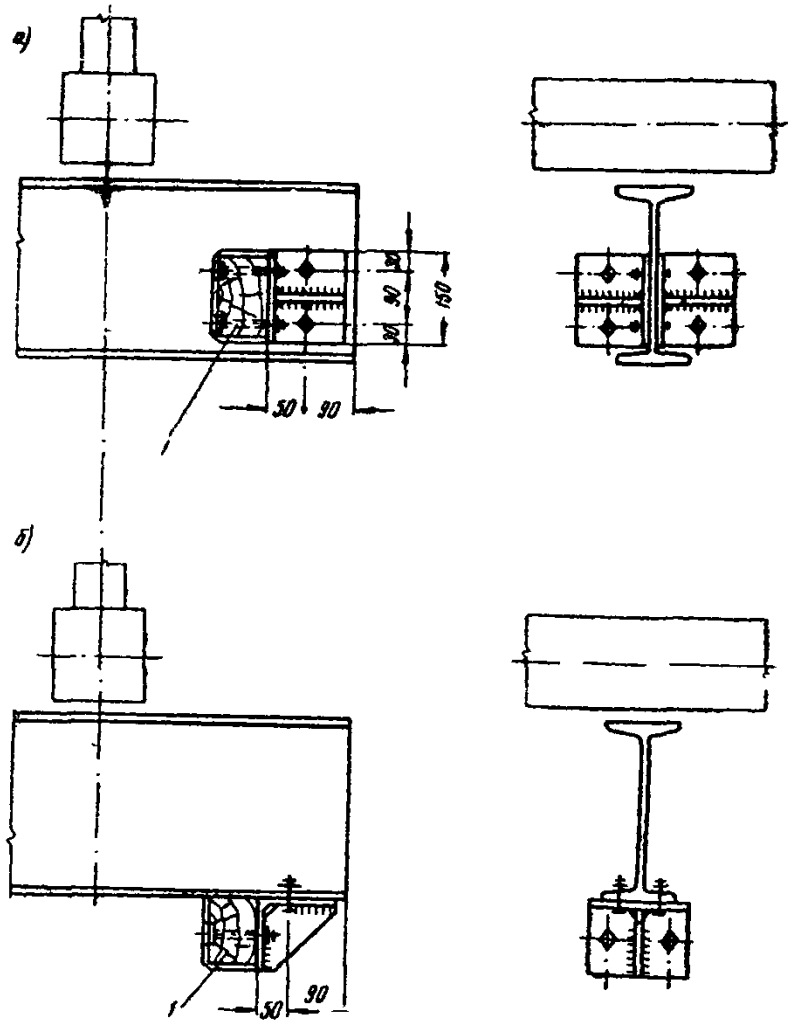


Рис. 5. Концевой упор

а—при расположении его выше ездовой поверхности; *б*—при расположении ниже ездовой поверхности; *1* — дуб по ГОСТ 2695—62. Расположение упора принимается в соответствии с конструкцией грузоподъемного механизма

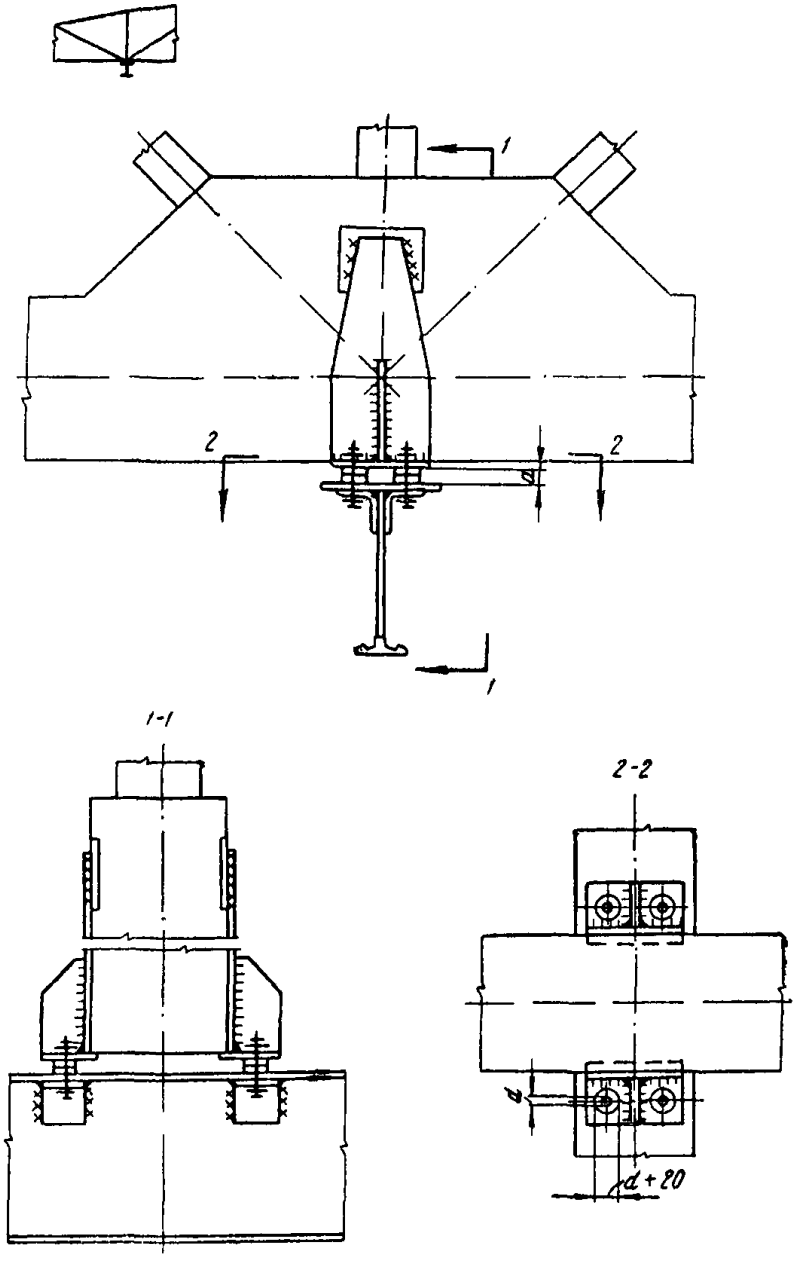


Рис. 6. Подвеска балки в нижнем узле железобетонной фермы на закладных деталях

a — рихтовочный зазор; *d* — диаметр болта

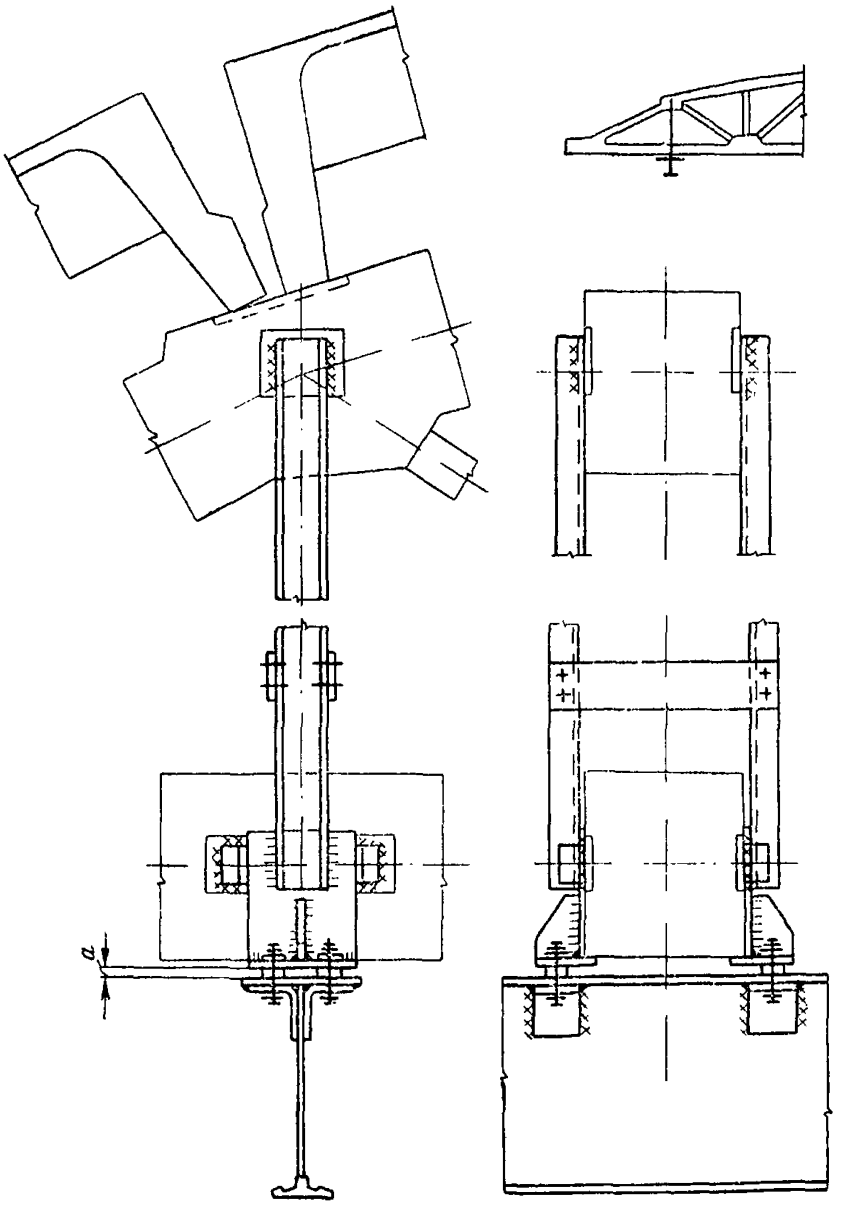


Рис. 7. Подвеска балки в верхнем узле железобетонной фермы *на закладных деталях*

а — рихтовочный зазор

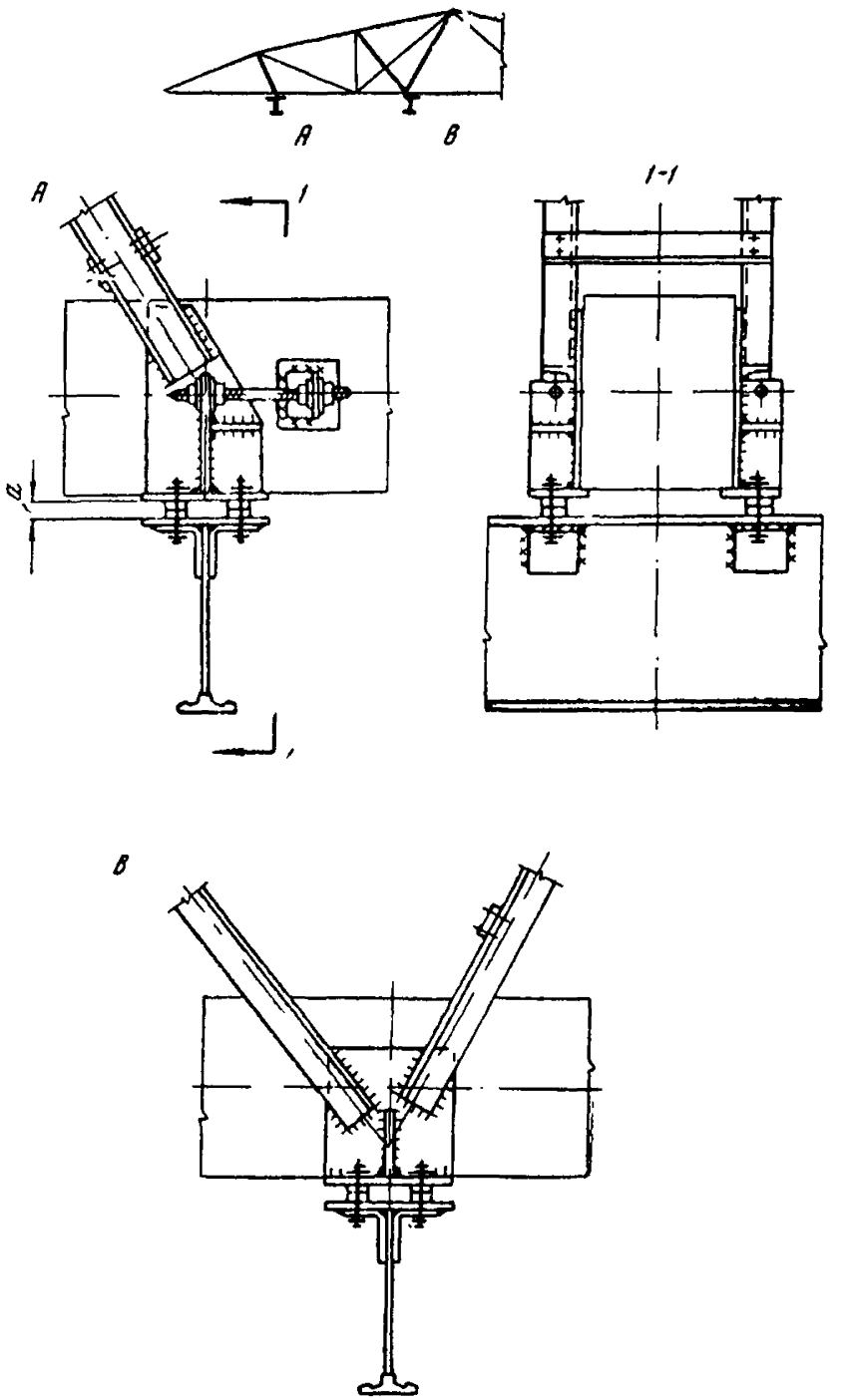


Рис. 8. Подвеска балки в панели железобетонной фермы на закладных деталях

А — при закладных деталях в верхнем и нижнем поясах; *В* — при закладных деталях только в верхнем поясе; *а* — рихтовочный зазор

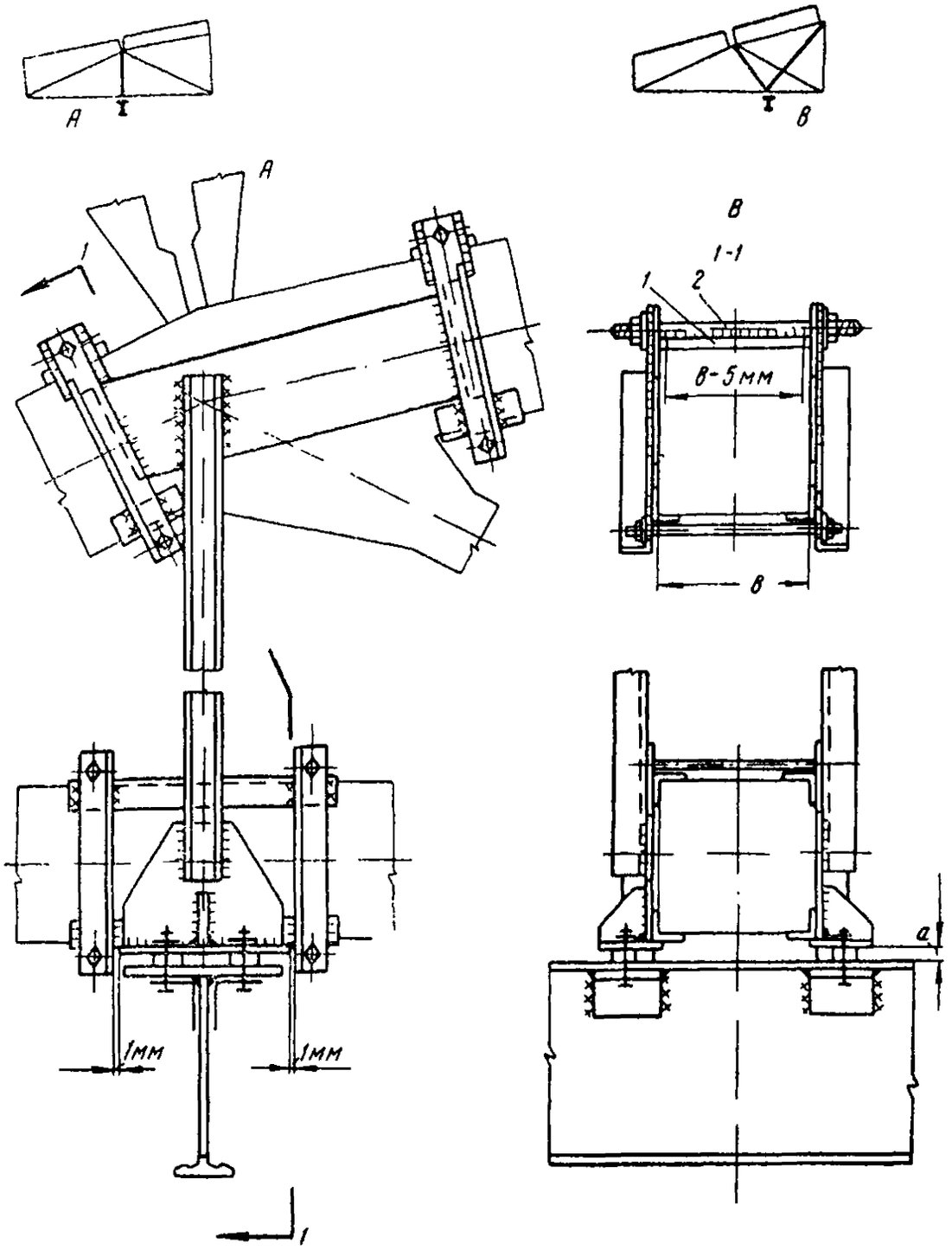


Рис. 9. Подвеска балки к железобетонной ферме на хомутах

А — в узле; *В* — в панели (узлы подвески решаются аналогично *А*); *а* — рихтовочный зазор, *1* — плитка δ=20÷30 *мм*; *2* — шпилька ∅ 32—40 *мм*

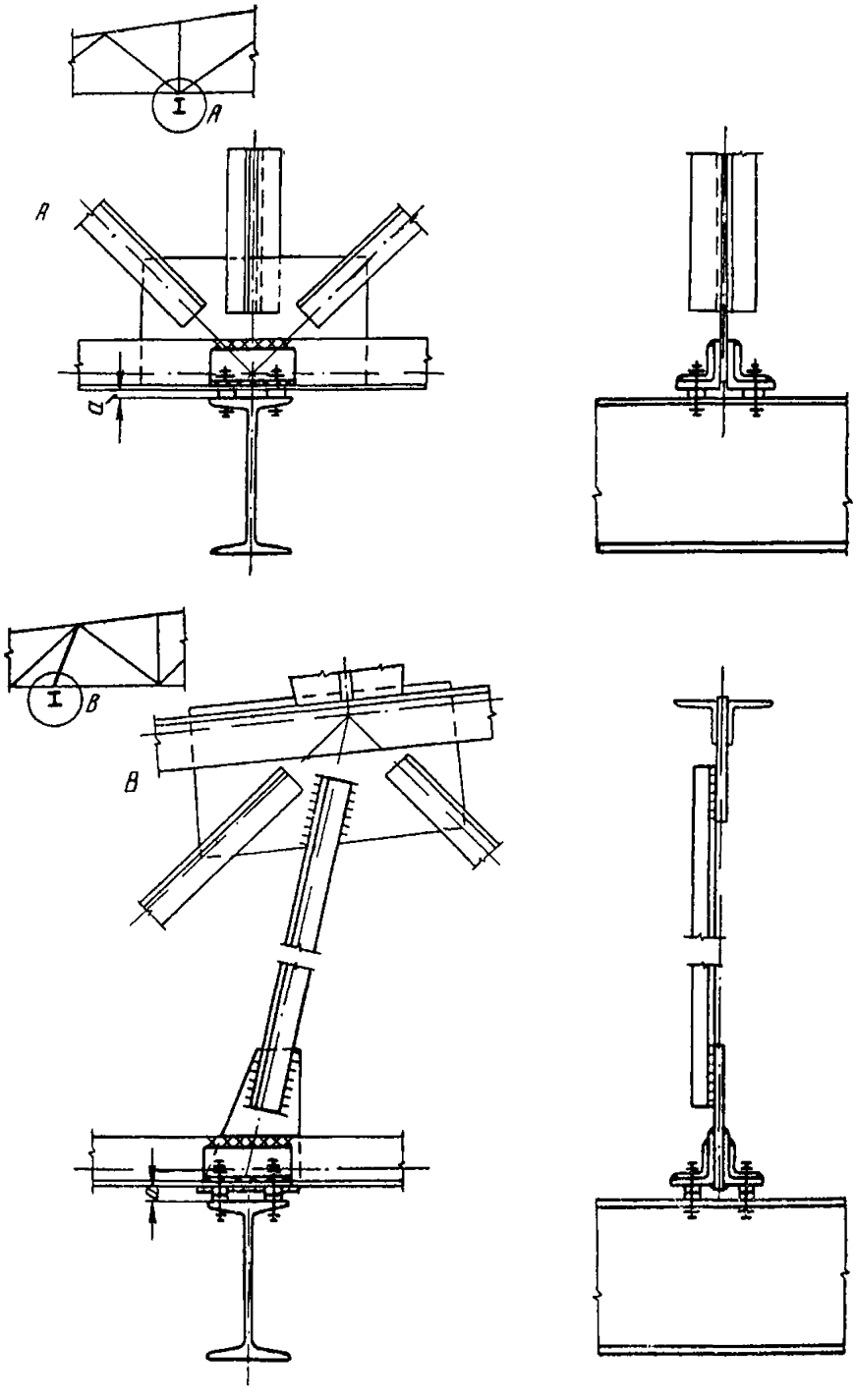


Рис. 10. Подвеска балок к металлической ферме

A — в узле; *B* — в панели нижнего пояса; *a* — рихтовочный зазор

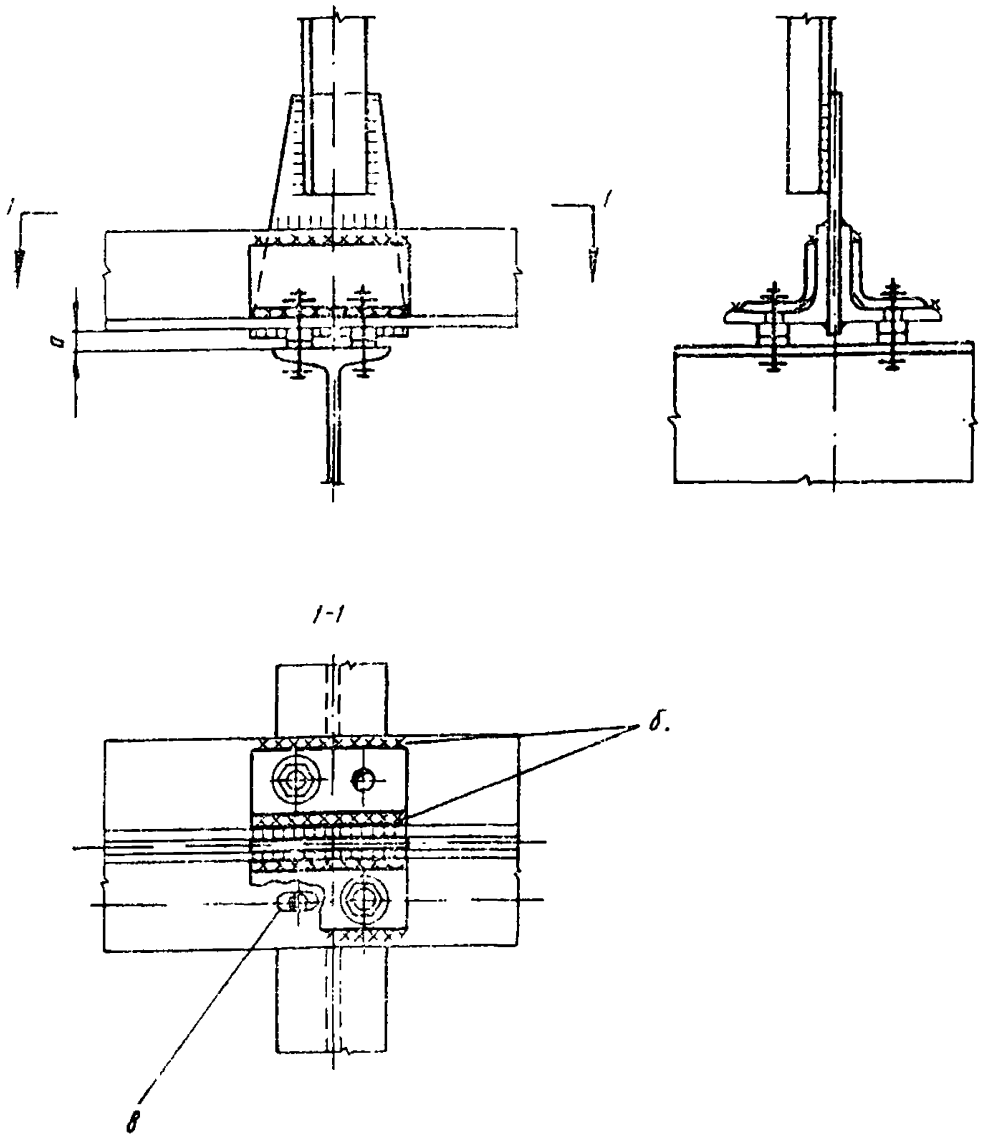


Рис. 11. Деталь крепления подвесной балки к металлической ферме

а — рихтовочный зазор; *б* — швы $\delta=4$ *мм*; *в* — овальные дыры $d\times(d+60)$ только в поясе фермы. Швы рассчитываются на усилие $N=F^{н.п}_{осл}R$, где $F^{н.п}_{осл}$ — ослабление поперечного сечения пояса отверстиями под болты; R — расчетное сопротивление стали пояса фермы

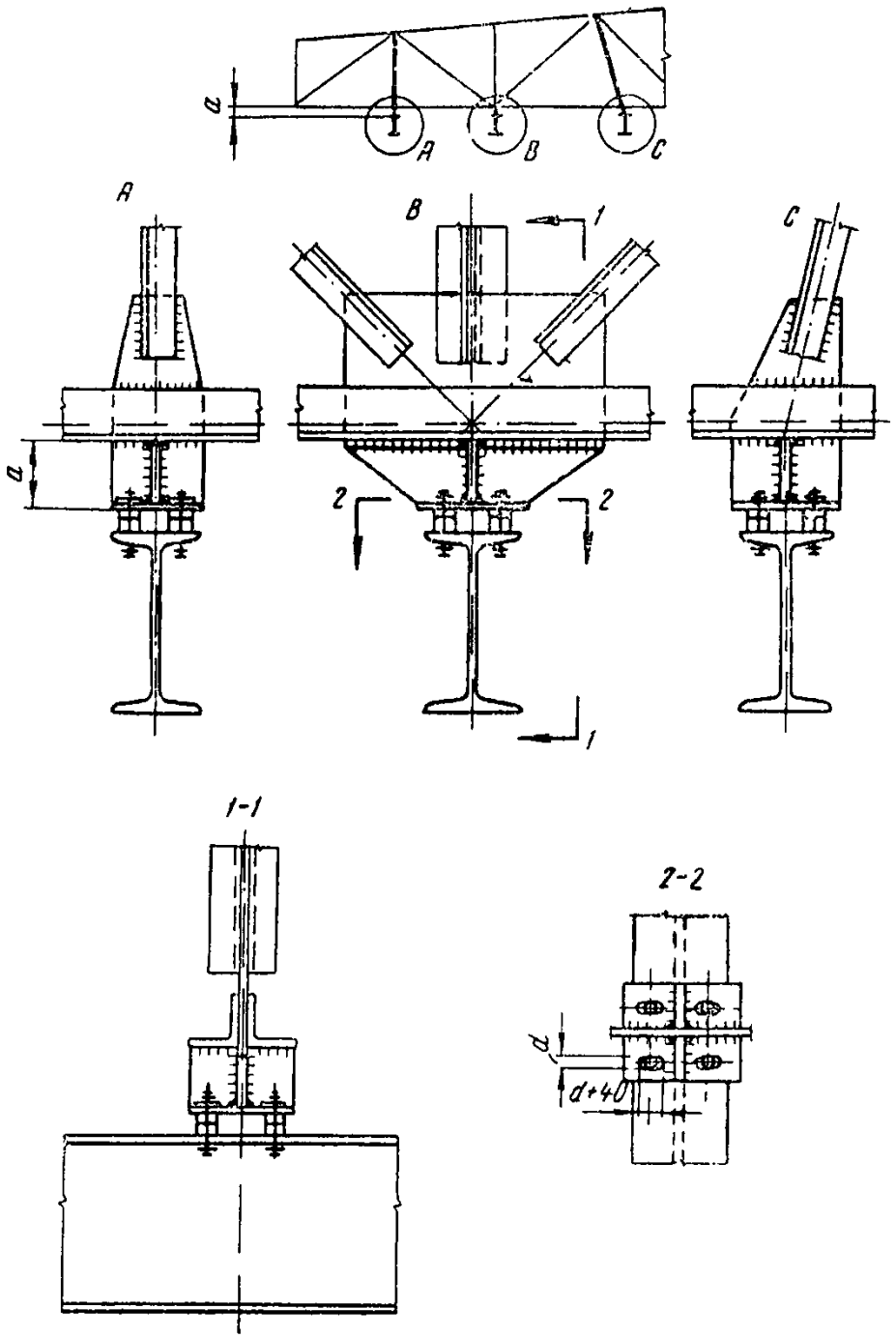


Рис. 12. Подвеска балок к металлической ферме на столиках

a — высота столика, определяемая высотой связей по нижнему поясу стропильных ферм или при переходе пути из пролета в пролет высотой нижнего пояса подстропильных ферм; *d* — диаметр болта

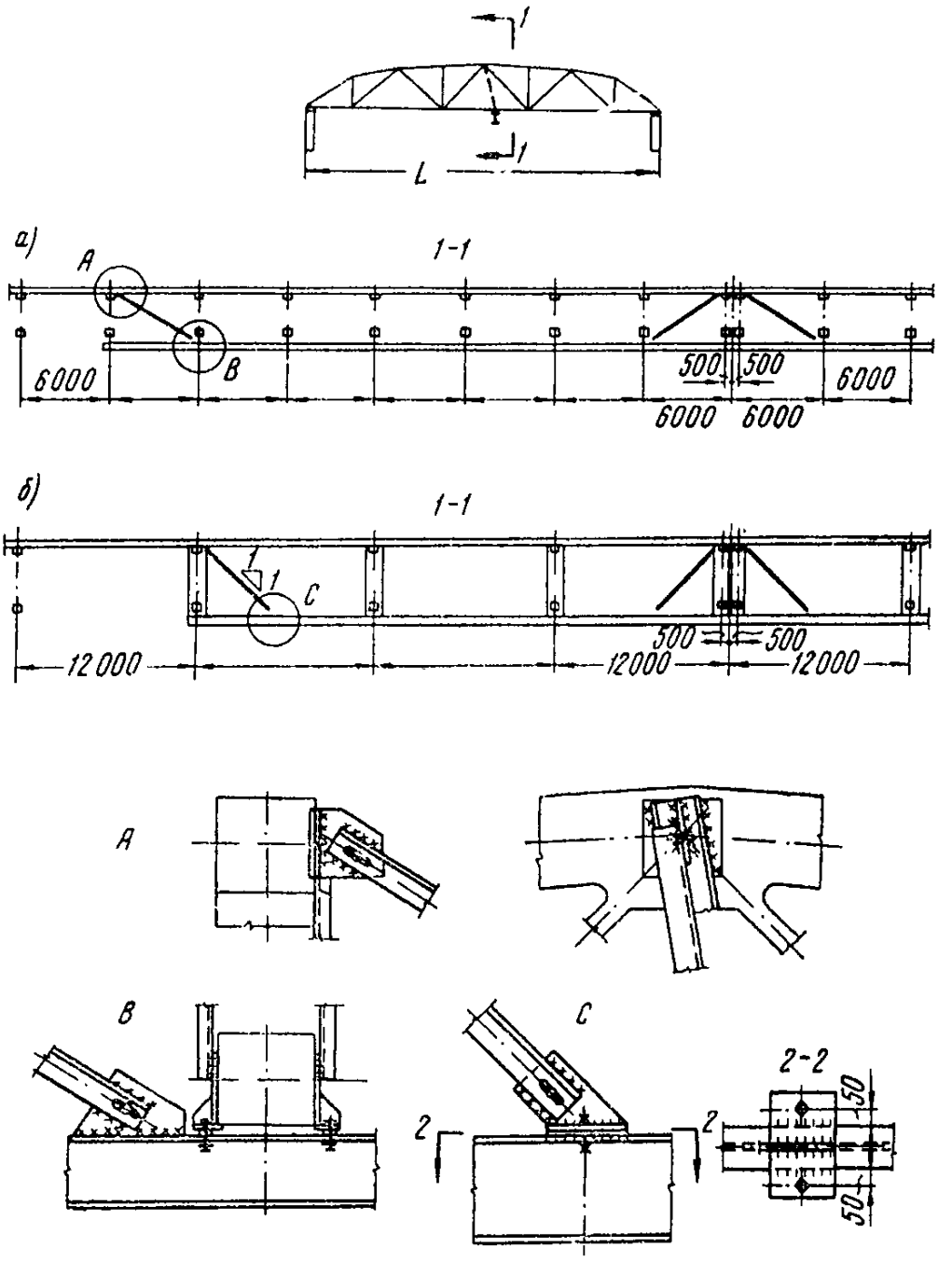


Рис. 13. Схемы и детали связей

а — при шаге ферм 6 *м*; *б* — при шаге ферм 12 *м*.
Элементы связей принимаются работающими на растяжение с гибкостью $\lambda < 300$

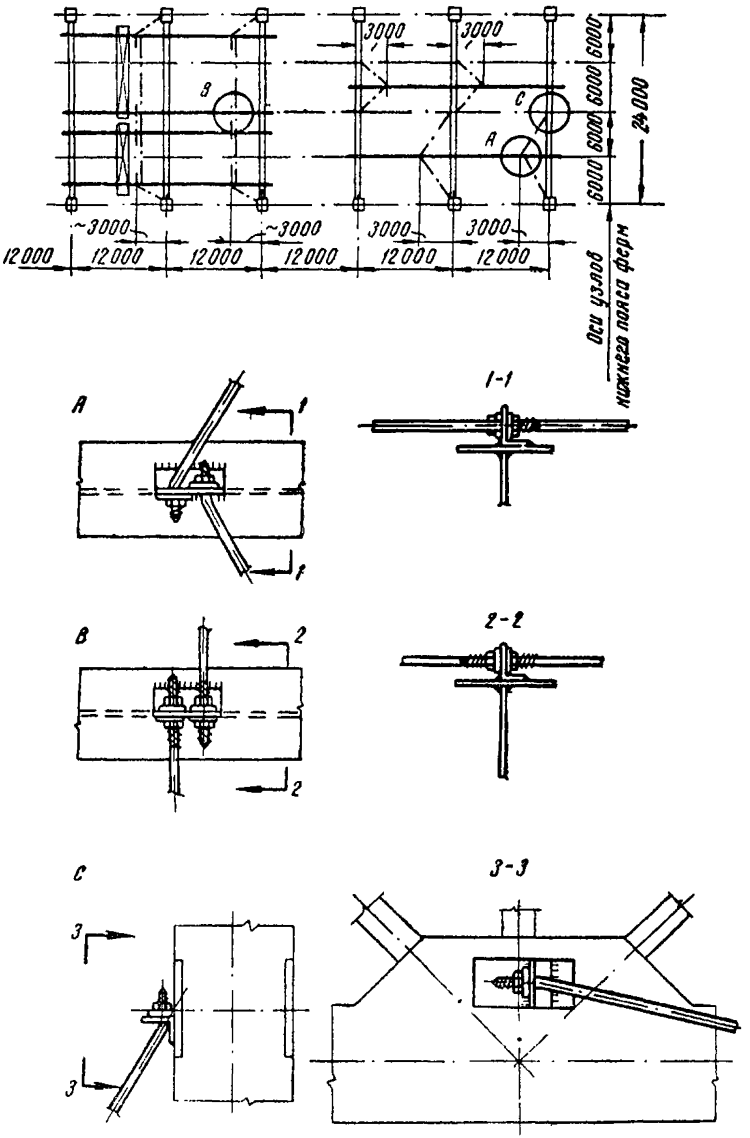


Рис. 14. Схемы и детали растяжек

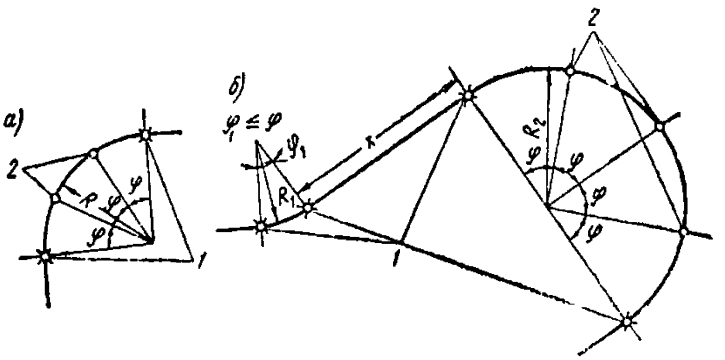


Рис. 15. Схемы расположения опор на кривых участках пути

а — при повороте пути на 90°; *б* — при повороте пути на 180° и на малый угол $\varphi_1 \leqslant \varphi$; *1* — основные опоры; *2* — промежуточные опоры.

Количество промежуточных опор $n = \left(\frac{\varphi_п}{\varphi} - 1\right)$, где $\varphi_п$ — угол поворота пути по проекту; φ — между двумя ог ми, определяемый по табл. 1 раздела 8

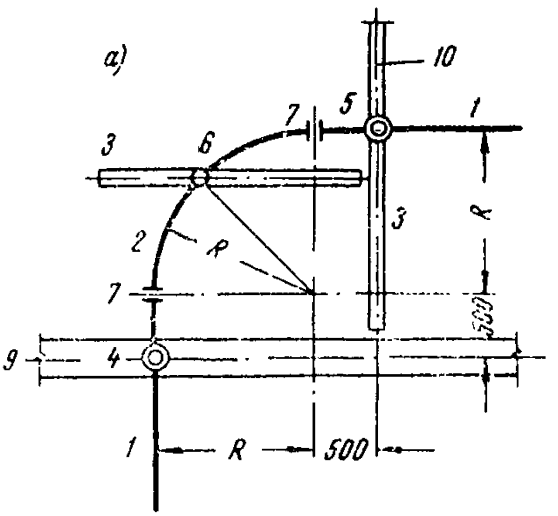
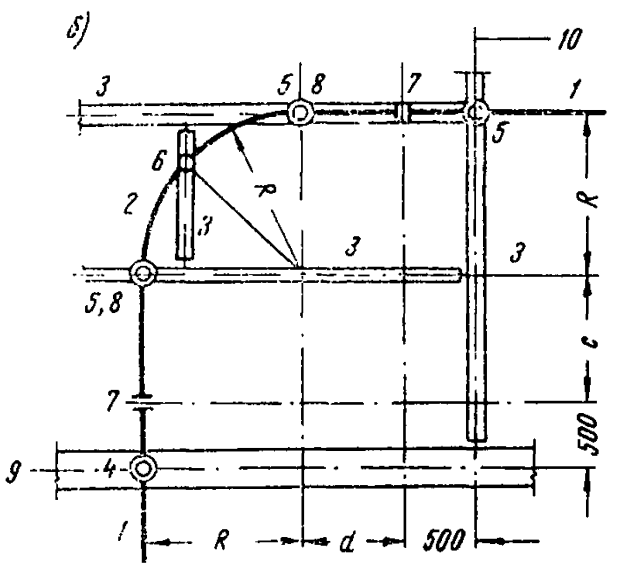


Рис. 16. Схемы разбивки кривых участков подвесного пути

а — рекомендуемая схема I; *б* — вынужденная схема II — общий случай; *1* — стандартный отправочный элемент; *2* — кривой участок пути; *3*—поперечная балка; *4*—опора на ферме; *5* — опора на поперечной балке; *6* — промежуточная опора; *7* — монтажный стык; *8* — заводской стык; *9*—ось фермы; *10*—разбивочная ось узла фермы; *c*, *d* — расстояния по проекту; *R* — радиус кривой (в схеме I за расчетное значение радиуса принимается величина *R*+500).

Количество промежуточных опор принимается по табл. 1 раздела 8



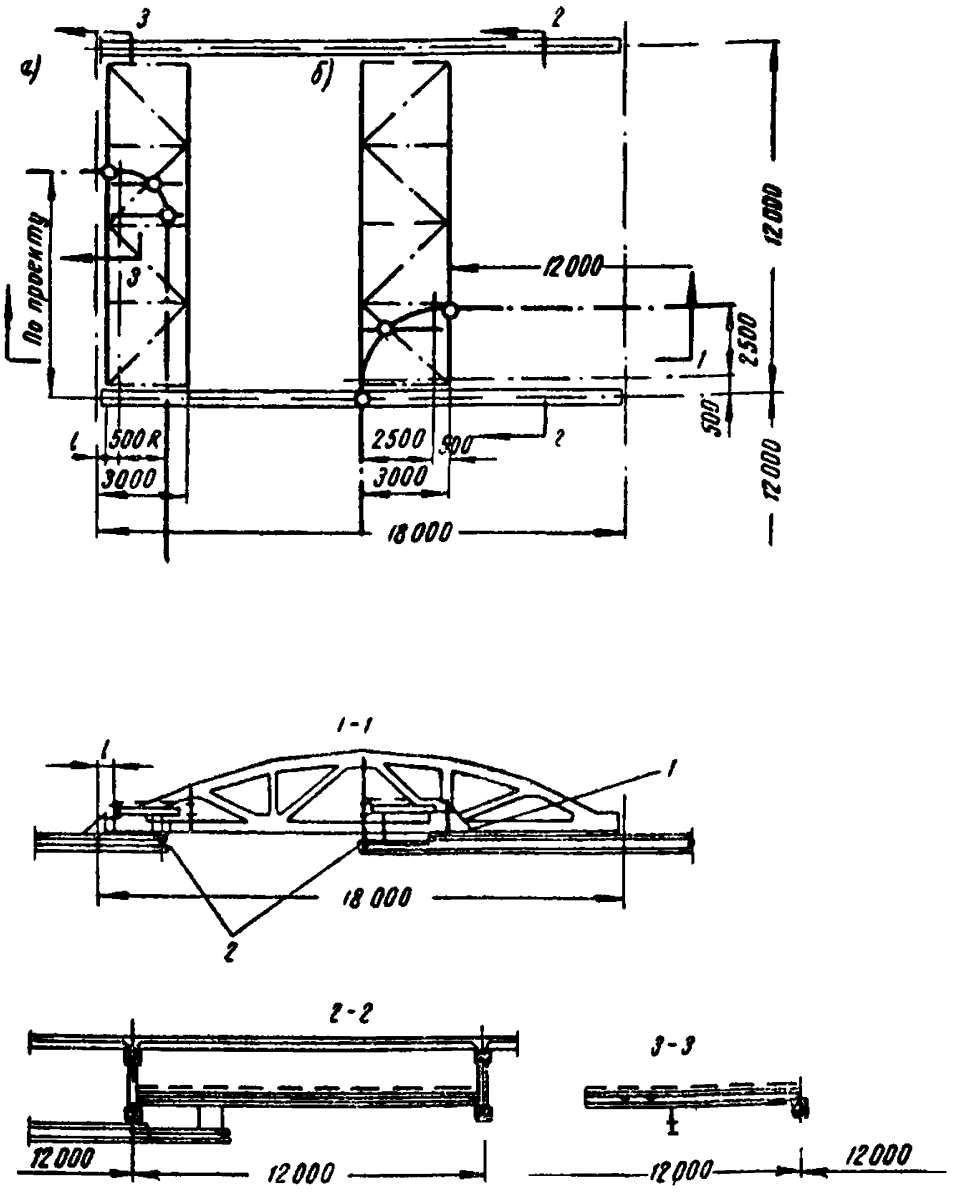


Рис. 17. Примеры разбивки кривых участков пути

а — по схеме II; *б* — по схеме I; *1* — подкос; *2* — подвески на тягах. Схемы даны на примере ферм пролетом 18 *м* с шагом 12 *м* при одной промежуточной опоре на кривой. При шаге ферм 6 *м* разбивка производится аналогично приведенной.

Размер *l* определяется конструкцией опорного узла фермы

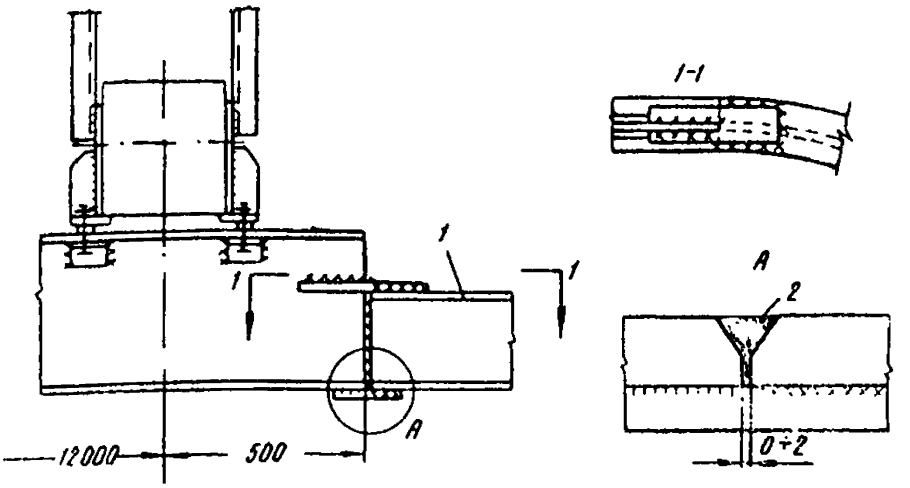


Рис. 18. Монтажный стык кривого участка пути с прямым

1 — прокатный двутавр, *2* — поперечный шов, поверхность которого зачищается заподлицо с ездовой поверхностью полки

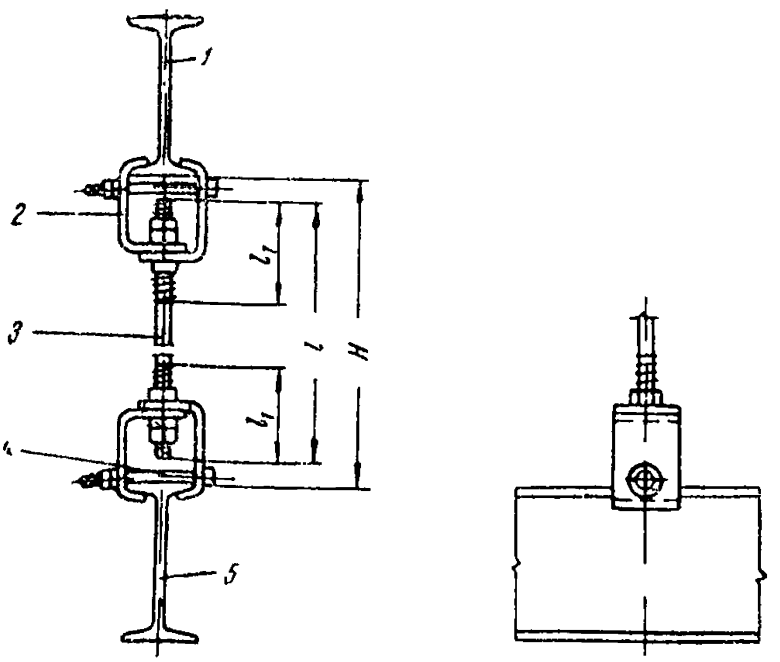


Рис. 19. Промежуточная опора кривого участка пути

1 — несущая поперечная балка; *2* — скобы; *3* — тяга; *4*—болт; *5* — подвесная балка

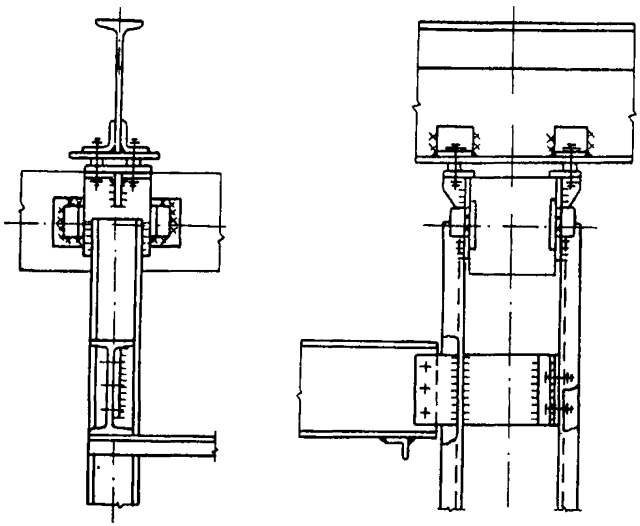


Рис. 20. Крепление поперечной балки к подвеске фермы

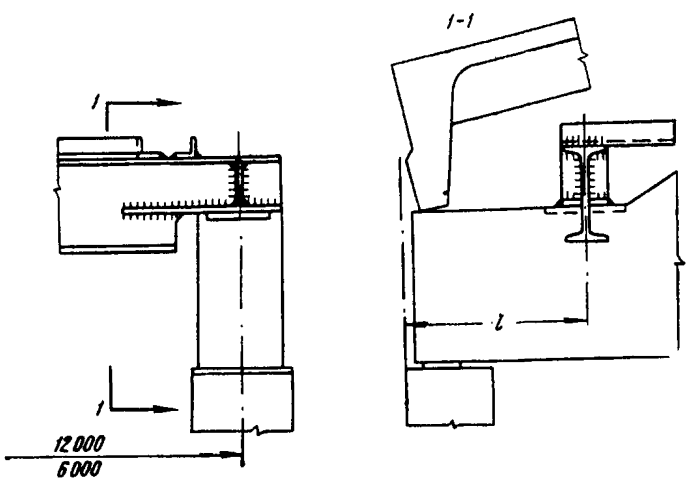


Рис. 21. Крепление поперечной балки к опорному узлу фермы

l — (см. рис. 17)

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПОДВЕСНЫХ БАЛОК

Пример 1

Подвесная неразрезная балка пролетом 12 *м* под одну электроталь грузоподъемностью 5 *т* по ГОСТ 3472—63

Материал балки

Сталь ВСт. 3пс по ГОСТ 380—60

Допустимый прогиб

$$f = \frac{L}{400} = \frac{1200}{400} = 3 \text{ см}.$$

Нормативные нагрузки

Грузоподъемность электротали $P^{н} = 5000$ *кг*.

Вес электротали $P_{т}^{н} = 825$ *кг*; $P_{к}^{н} = 1100$ *кг*.

Собственный вес балки $q_{н} = 60$ *кг/пог. м*.

Коэффициенты перегрузки ($k_{п}$):

для груза $k_{п} = 1{,}2$;

для собственного веса тали и балки $k_{п} = 1{,}1$.

Расчетная схема

Расчет балки ведется по трехпролетной схеме.

Расчетными являются крайний и средний пролеты при расположении груза в крайнем пролете. Положение груза принимается в середине пролета, при этом расчетные моменты незначительно отличаются от соответствующих максимальных значений (рис. 1).

Расчетные моменты:

$$M_{A}^{р} = 0{,}200 P^{н} k_{п} l + 0{,}200 P_{т}^{н} k_{п} l + 0{,}08 q_{н} k_{п} l^{2};$$

$$M_{B}^{р} = -0{,}0375 P^{н} k_{п} l - 0{,}0375 P_{т}^{н} k_{п} l + 0{,}025 q_{н} k_{п} l^{2};$$

$$M_{A}^{р} = 0{,}200 \cdot 5 \cdot 1{,}2 \cdot 12 + 0{,}200 \cdot 0{,}825 \cdot 1{,}1 \cdot 12 +$$

$$+ 0{,}08 \cdot 0{,}06 \cdot 1{,}1 \cdot 12^{2} = 17{,}34 \text{ тм};$$

$$M_{B}^{р} = -0{,}0375 \cdot 5 \cdot 1{,}2 \cdot 12 - 0{,}0375 \cdot 0{,}825 \cdot 1{,}1 \cdot 12 +$$

$$+ 0{,}025 \cdot 0{,}06 \cdot 1{,}1 \cdot 12^{2} = -2{,}86 \text{ тм}.$$

Подбор сечения

Сечение принимается составным из двух листов и половинки двутавра по ГОСТ 5157—53* (рис. 2). В соответствии с данными табл. 7

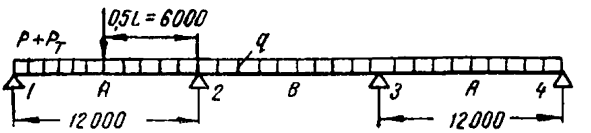


Рис. 1. Расчетная схема балки

приложения 2 настоящей инструкции в качестве нижнего пояса балки подвесного пути для тали грузоподъемностью 5 *т* возможно применение половины одного из двутавров № 30М, 36М, 45М. Принимаем половинку двутавра № 36М.

Площадь, положение центра тяжести и моменты инерции при изгибе и кручении для половинки двутавра принимаются по табл. 10 приложения 2.

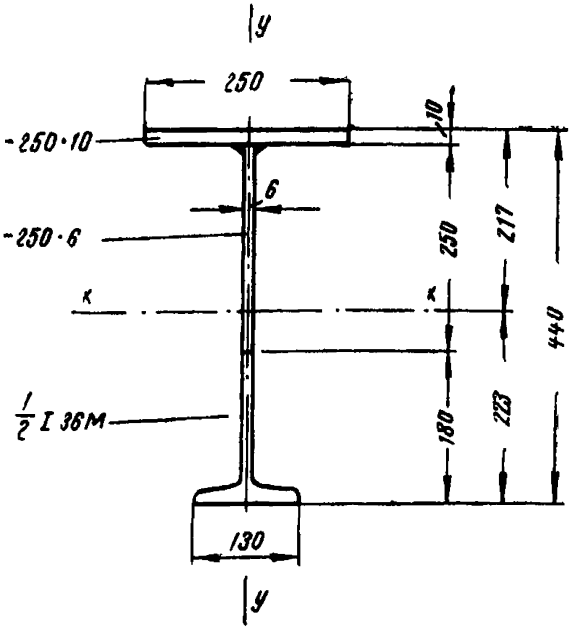


Рис. 2. Сечение балки

Площадь сечения

$$\Sigma F = 25 \cdot 1 + 25 \cdot 0{,}6 + 36{,}9 = 76{,}9 \text{ см}^2.$$

Сумма статических моментов элементов сечения относительно нижней грани

$$\Sigma S = 25 \cdot 43{,}5 + 15 \cdot 30{,}5 + 36{,}9 \cdot 4{,}6 = 1715 \text{ см}^3;$$

$$z = \frac{\Sigma S}{\Sigma F} = \frac{1715}{76{,}9} = 22{,}3 \text{ см}.$$

Моменты инерции

$$J_x = \Sigma J_{x_0} + \Sigma F a^2 = \frac{0{,}6 \cdot 25^3}{12} + 1071 + 25 \cdot 21{,}2^2 +$$

$$+ 15 \cdot 8{,}2^2 + 36{,}9 \cdot 17{,}7^2 = 25\,560 \text{ см}^4;$$

$$J_y = \frac{1{,}25^3}{12} + 264 = 1566 \text{ см}^4.$$

Моменты сопротивления

$$W_x^в = \frac{25\,560}{217} = 1175\,см^3; \quad W_x^н = \frac{25\,560}{223} = 1140\,см^3;$$

Прогиб в крайнем пролете

$$f = 0{,}01465\,\frac{P^н l^3}{EJ_x} + 0{,}00675\,\frac{q_н l^4}{E \cdot J_x};$$

при $l = 1200\,см$, $E = 2{,}1 \cdot 10^6\,кг/см^2$;

$$f = \frac{12{,}1\,(P^н + P_т^н) + 6665 q_н}{J_x};$$

$$f = \frac{12{,}1\,(5000 + 825) + 6665 \cdot 0{,}6}{25560} = 2{,}91\,см < 3\,см.$$

Проверка общей устойчивости крайнего пролета

Момент инерции при свободном кручении

$$J_к = \frac{\gamma}{3}\,\Sigma b\delta^3 + J_{к\,таврa};$$

$$J_к = \frac{1{,}25}{3}\,(25 \cdot 1^3 + 25 \cdot 0{,}6^3) + 28{,}5 = 41{,}2\,см^4.$$

Секториальный момент инерции

$$J_\omega = \frac{J_1^{в.п}\,J_2^{н.п}}{J_y}\,h^2 = \frac{25^3 \cdot 264 \cdot 43^2}{12 \cdot 1566} = 0{,}405 \cdot 10^6\,см^6.$$

Коэффициент асимметрии

$$n = \frac{J_1^{в.п}}{J_y} = \frac{25^3 \cdot 1}{12 \cdot 1566} = 0{,}83.$$

Характеристика α_1

$$\alpha_1 = \frac{GJ_к}{EJ_\omega}\,l^2 = \frac{8{,}10^5 \cdot 41{,}2 \cdot 1{,}44 \cdot 10^6}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}405 \cdot 10^6} = 56.$$

По табл. 3 приложения 3 находим ψ в функции n и α_1 $\psi = 11{,}85$.

Коэффициент понижения несущей способности по формуле (2) приложения 3.

$$\varphi_б = \psi\,\frac{2J_y\,hh_1}{J_x l^2}\,10^3;$$

$$\varphi_б = \frac{11{,}85 \cdot 2 \cdot 1566 \cdot 44 \cdot 21{,}2 \cdot 10^3}{25\,560 \cdot 144 \cdot 10^4} = 0{,}94.$$

Так как $\varphi_{б.н} = \varphi_б\,\frac{h_2}{h_1} = 0{,}94\,\frac{21{,}5}{21{,}2} = 0{,}95 > 0{,}85$, вместо $\varphi_б$ принимается величина $\varphi_б''$, определяемая по формуле (3) приложения 3; при этом $\varphi_б'$ и $\varphi_{б.н}'$ принимаются по табл. 2 приложения 3.

$$\varphi_б' = 0{,}89; \quad \varphi_{б.н}' = 0{,}89;$$

$$\varphi_б'' = 0{,}94\left[\frac{0{,}89}{0{,}94} - 2{,}25 \cdot 0{,}33 \cdot 0{,}17\left(1 - \frac{0{,}89}{0{,}95}\right)\right] = 0{,}886.$$

Напряжения в верхнем поясе

$$\sigma_{сж} = \frac{M_A^р}{\varphi_б'' W_в} = \frac{17{,}34 \cdot 10^5}{0{,}886 \cdot 1175} = 1670 \ кг/см^2.$$

Напряжения в нижнем поясе от общего изгиба

$$\sigma_{раст} = \frac{M_A^р}{W_н} = 1520 \ кг/см^2.$$

Местные напряжения в нижнем поясе

$$\zeta = \frac{0{,}5\,(b-d) - c_1}{0{,}5\,(b-d)} = \frac{0{,}5\,(13{,}0 - 0{,}95) - 1{,}6}{0{,}5\,(13{,}0 - 0{,}95)} = 0{,}725 \text{ (см. рис.1).}$$

По рис 1, *б* для $\zeta = 0{,}725$ находим

$$k_1 = 2{,}37 \text{ и } k_3 = 1{,}23.$$

$$t_к = t + 0{,}25 \cdot 0{,}12\,(b-d) = 1{,}6 + 0{,}03\,(13 - 0{,}95) = 1{,}96 \ см;$$

$$\sigma_y^м = \frac{k_1 P_к}{t_к^2} = \frac{2{,}37 \cdot 1100 \cdot 1{,}2}{1{,}96^2} = 810 < 2100 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_x^м = \frac{k_3 P_к^н}{t^2} = \frac{1{,}23 \cdot 1100}{1{,}6^2} = 530 \ кг/см^2.$$

Суммарные напряжения в нижнем поясе

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_x^м = 1520 + 530 = 2050 \ кг/см^2.$$

Проверка общей устойчивости второго пролета балки при грузе в крайнем пролете

По известным n и α_1 по табл. 4 приложения определяем $\psi = 2{,}93$ и принимаем его с коэффициентом 1,85, так как при одной тали загружен только один крайний пролет.

По формуле (4) приложения 3 находим:

$$\varphi_{б.н} = \psi \frac{2 J_y h h_2}{J_x l^2} 10^3;$$

$$\varphi_{б.н} = \frac{2{,}93 \cdot 2 \cdot 1{,}85 \cdot 1566 \cdot 44 \cdot 21{,}3 \cdot 10^3}{25\,560 \cdot 144 \cdot 10^4} = 0{,}433.$$

Напряжения в нижнем поясе, работающем при принятом загружении на сжатие:

$$\sigma_{сж}^{н.п} = \frac{M_в^р}{\varphi_{б.н} W_н} = \frac{2{,}86 \cdot 10^5}{0{,}433 \cdot 1140} = 580 < 2100 \ кг/см^2.$$

Пример 2

Подвесная однопролетная балка пролетом 6 *м* под одну электроталь грузоподъемностью 3,2 *т* по ГОСТ 3472—63.

Материал балки

Сталь ВСт. 3пс по ГОСТ 380—60

Допустимый прогиб

$$f = \frac{1}{400} L = \frac{600}{400} = 1{,}5\ см.$$

Нормативные нагрузки

Грузоподъемность электротали $P^н = 3200$ *кг*.

Вес электротали $P_т^н = 470$ *кг*, $P_к^н = 1260$ *кг*.

Собственный вес балки $q^н = 50$ *кг/пог. м*.

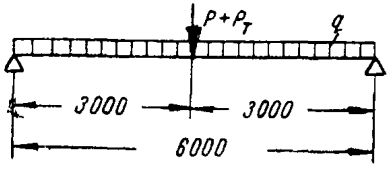


Рис. 3. Расчетная схема балки

Коэффициент перегрузки ($k_п$)

Для груза $k_п = 1{,}2$;

для собственного веса тали и балки $k_п = 1{,}1$.

Расчетный момент

$$M^р = 0{,}25 \cdot 3{,}2 \cdot 1{,}2 \cdot 6 + 0{,}25 \cdot 0{,}47 \cdot 1{,}1 \cdot 6 + 0{,}125 \cdot 0{,}05 \cdot 1{,}1 \cdot 6^2 = 6{,}78\ тм.$$

Подбор сечения

а) Из прокатного двутавра по ГОСТ 5157—53*.

По данным табл. 7 приложения 2 в качестве подвесного пути для тали грузоподъемностью 3 *т* по ГОСТ 3472—63 возможно применение одного из трех двутавров № 30М, 36М и 45М.

Принимаем двутавр № 30М.

$$\text{Прогиб } f = \frac{P^н l^3}{48 E J_x} + \frac{5 q^н l^4}{384 E J_x};$$

при $l = 600$ *см* и $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ *кг/см*^{2}:

$$f = \frac{2{,}14 P^н + 805 q^н}{J_x};$$

$$f = \frac{2{,}14 \cdot 3670 + 805 \cdot 0{,}5}{9400} = 0{,}88 < 1{,}5\ см.$$

Проверка общей устойчивости

Согласно приложению II главы СНиП II-В.3-62

$$\alpha = 1{,}54 \frac{J_к}{J_y} \left(\frac{l}{h}\right)^2 = \frac{1{,}54 \cdot 45{,}2}{490} \left(\frac{600}{30}\right)^2 = 57.$$

По данным табл. 51 СНиП II-В.3-62 для $\alpha = 57$; $\psi = 9{,}4$;

$$\varphi_б = \psi \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{l}\right)^2 10^3 = \frac{9{,}4 \cdot 490}{9400} \left(\frac{30}{600}\right)^2 10^3 = 1{,}22.$$

При $\varphi_б > 0{,}85$ вместо $\varphi_б$ принимается величина $\varphi_б'$, которая по данным табл. 54 СНиП II-В.3-62 равна $\varphi_б' = 0{,}95$;

$$\sigma_{еж} = \frac{M}{\varphi_б' W_x} = \frac{6{,}78 \cdot 10^5}{0{,}95 \cdot 627} = 1140 < 2100 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_x^{раст} = \frac{M}{W_x} = \frac{6{,}78 \cdot 10^5}{627} = 1080 \ кг/см^2.$$

Местные напряжения в нижнем поясе

$$\varsigma = \frac{c}{a} = \frac{0{,}5\,(b-d) - c_1}{0{,}5\,(b-d)} = \frac{0{,}5\,(13-0{,}9) - 1{,}6}{0{,}5\,(13-0{,}9)} = 0{,}735.$$

Для $\varsigma = 0{,}735$ по рис. 1, *б* находим:

$$k_1 = 2{,}45 \text{ и } k_2 = 1{,}3;$$

$$t_к = t + 0{,}25 \cdot 0{,}12\,(b-d) = 1{,}5 + 0{,}03\,(13-0{,}9) = 1{,}86 \ см;$$

$$\sigma_y^м = \frac{k_1 P_к}{t_к^2} = \frac{2{,}45 \cdot 1260 \cdot 1{,}2}{1{,}86^2} = 1070 < 2100 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_x^м = \frac{k_3 P_к^н}{t^2} = \frac{1{,}3 \cdot 1260}{1{,}5^2} = 725 \ кг/см^2.$$

Суммарные напряжения в нижнем поясе

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_x^м = 1080 + 725 = 1805 < 2400 \ кг/см^2.$$

б) Из двутавра по ГОСТ 8239—56*, усиленного полосой.

По данным табл. 8 приложения 2 возможно применение одного из двутавров № 27—36.

Характеристики двутавров, усиленных полосой, даны в табл. 4 приложения 2. Принимаем двутавр № 30 с полосой 120×6.

Прогиб

$$f = \frac{2{,}14 \cdot 3670 + 805 \cdot 0{,}5}{8540} = 0{,}99 < 1{,}5.$$

Проверка общей устойчивости

Для принятого сечения определяем характеристики

$$n = \frac{J_1}{J_y} = \frac{254{,}5}{423} = 0{,}6;$$

$$J_к = \frac{\gamma}{3} b \delta_{\text{полосы}}^3 + J_{\text{к двутавра}};$$

$$J_к = \frac{1{,}25}{3} \cdot 12 \cdot 0{,}6^3 + 17{,}18 = 18{,}26 \ см^4;$$

$$J_\omega = \frac{168{,}5 \cdot 254{,}5}{423} 29^2 = 85\,500 \ см^6;$$

$$\alpha_1 = \frac{GJ_к}{EJ_\omega} l^2 = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 18{,}26 \cdot 36 \cdot 10^4}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 85\,500} = 29{,}4.$$

По табл. 1 приложения 3 для $n=0{,}5$ и $\alpha_1 = 29{,}4$ $\psi = 7{,}74$. Значение ψ с учетом действительной асимметрии сечения ($n=0{,}6$) получаем умножением табличной величины на коэффициент K, принимаемый по рис. 2, *а* приложения 3:

$$\psi = 7{,}74 \cdot 0{,}9 = 6{,}97.$$

По формуле (4) приложения 3

$$\varphi_{б.н} = \psi \frac{2J_y hh_2}{J_x l^2} 10^3 = \frac{6{,}97 \cdot 2 \cdot 423 \cdot 29 \cdot 16 \cdot 10^3}{8540 \cdot 36 \cdot 10^4} = 0{,}85;$$

$$\sigma_{сж} = \frac{M}{\varphi_{б.н} W_x^в} = \frac{6{,}78 \cdot 10^5}{0{,}85 \cdot 503} = 1590 < 2100 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_x^{раст} = \frac{M}{W_x^н} = \frac{6{,}78 \cdot 10^5}{627} = 1080 \ кг/см^2.$$

Местные напряжения в нижнем поясе

$$\varsigma = \frac{0{,}5\,(13{,}5 - 0{,}65) - 1{,}6}{0{,}5\,(13{,}5 - 0{,}65)} = 0{,}75.$$

По рис. 1, *б* для $\varsigma = 0{,}75$ находим:

$$k_1 = 2{,}45 \text{ и } k_3 = 1{,}45;$$

$$t_к = 1{,}02 + 0{,}03\,(13{,}5 - 0{,}65) = 1{,}4 \ см;$$

$$\sigma_y^м = \frac{k_1 P_к}{t_к^2} = \frac{2{,}45 \cdot 1260 \cdot 1{,}2}{1{,}4^2} = 1890 < 2100 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_x^м = \frac{k_3 P_к^н}{t^2} = \frac{1{,}45 \cdot 1260}{1{,}62^2} = 700 \ кг/см^2.$$

Суммарные напряжения в нижнем поясе

$$\Sigma \sigma_x = \sigma_x + \sigma_x^м = 1080 + 700 = 1780 < 2400 \ кг/см^2.$$

Пример 3

Подвесные неразрезные пути пролетом 12 *м* под 2 электрических крана грузоподъемностью 3 *т* длиной 10 *м* по ГОСТ 7890—56.

Материал балки

Сталь ВСт. 3пс по ГОСТ 380—60.

Допустимый прогиб

$$f = \frac{L}{500} = \frac{1200}{500} = 2{,}4 \ см.$$

Нормативные нагрузки

Вертикальные:

давление колеса на путь $P^н = 1425$ *кг*;

собственный вес пути $q^н = 80$ *кг/пог. м*.

Горизонтальные:

усилие на одну каретку от торможения тали с грузом

$$T^{н}_{гор} = 0{,}05\left(Q^{ном} + q^{н}_{тали}\right)\frac{1}{n},$$

где n — число кареток на балке.

$$T^{н} = 0{,}05\,(3000 + 535^{*})\,\frac{1}{2} = 88\ кг.$$

Коэффициент перегрузки ($k_{п}$).

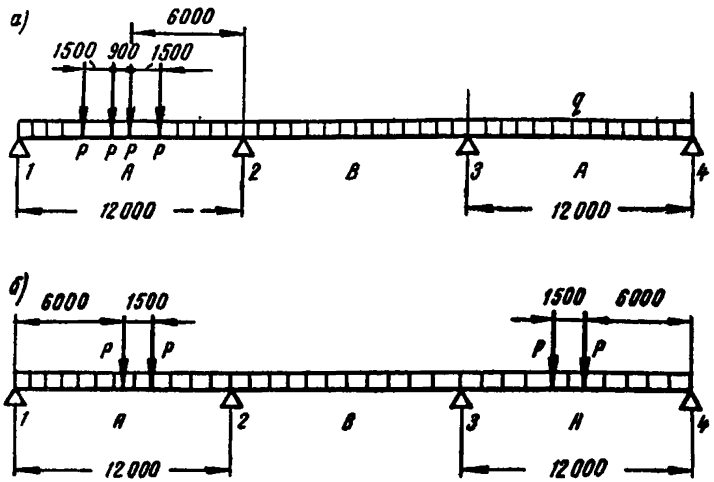


Рис. 4. Расчетная схема балки

а — крайнего пролета; *б* — среднего пролета

Для вертикальной и горизонтальной нагрузок от крана

$$k_{п} = 1{,}2;$$

для собственного веса балки $k_{п} = 1{,}1$.

Расчетная схема

Расчет балок ведется по трехпролетной схеме на нагрузку от двух кранов на колее. Ширина и база кранов приняты по ГОСТ 7890—56.

Расчетными являются крайний пролет (A) — при расположении в нем обоих кранов и средний пролет (B) — при расположении кранов в двух крайних пролетах

Расчетные моменты.

---

* Вес тали принят по данным ГОСТ 3472—63.

Расчетные моменты определяются с помощью линий влияния:

$$M_A^{\text{р}} = \Sigma\, y\, P^{\text{н}} \cdot 2k_{\text{п}}\, l + 0{,}008 q^{\text{н}} k_{\text{п}}\, l^2;$$

$$M_B^{\text{р}} = -\Sigma\, y_1 P^{\text{н}} \cdot 2k_{\text{п}}\, l + 0{,}025 q^{\text{н}} k_{\text{п}}\, l^2;$$

$$M_{\text{торм}}^{\text{р}} = \Sigma\, y T^{\text{н}} k_{\text{п}}\, l;$$

$$M_{\text{кр}}^{\text{р}} = T^{\text{н}} n k_{\text{п}}\, z,$$

где z — координата центра тяжести сечения балки пути;

$$\Sigma\, y = 0{,}2 + 0{,}14 + 0{,}167 + 0{,}11 = 0{,}617;$$

$$\Sigma\, y_1 = -0{,}0375 \cdot 4 = 0{,}15;$$

$$M_A^{\text{р}} = 0{,}617 \cdot 1{,}425 \cdot 2 \cdot 1{,}2 \cdot 12 + 0{,}08 \cdot 0{,}08 \cdot 12^2 \cdot 1{,}1 =$$

$$= 25{,}32 + 1{,}01 = 26{,}33 \ тм.$$

$$M_B^{\text{р}} = -0{,}15 \cdot 1{,}425 \cdot 2 \cdot 1{,}2 \cdot 12 + 0{,}025 \cdot 0{,}08 \cdot 1{,}1 \cdot 12^2 =$$

$$= -6{,}17 + 0{,}32 = -5{,}85 \ тм.$$

$$M_{\text{торм}}^{\text{р}} = 0{,}617 \cdot 0{,}088 \cdot 1{,}2 \cdot 12 = 0{,}785 \ тм.$$

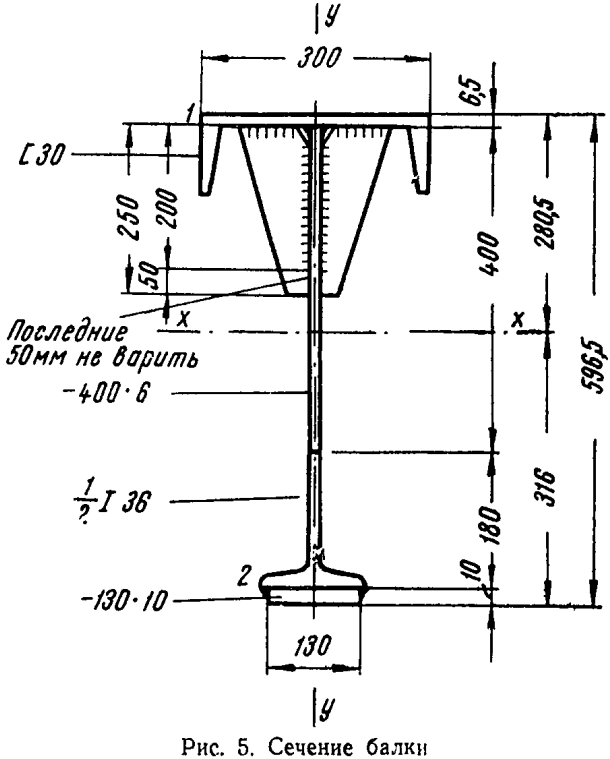


Рис. 5. Сечение балки

Подбор сечения

Сечение принимается составным из швеллера, листа и половины двутавра по ГОСТ 8239—56*. В соответствии с данными табл. 2 приложения 2 для кранов грузоподъемностью 3 *т* в качестве нижнего пояса балки подвесного пути можно принять двутавры № 27—45, усиленные полосой.

Принимаем $^1/_2$ двутавра № 36, усиленного полосой 130×10 (рис. 5).

Площадь сечения:

$$\Sigma F = 40{,}5 + 24 + 31 + 13 = 108{,}5 \ см^2.$$

Сумма статических моментов элементов сечения относительно нижней грани:

$$\sum S = 40{,}5 \cdot 57{,}13 + 24 \cdot 39 + 18 \cdot 0{,}75 \cdot 10 + 1{,}23\,(14{,}5 - 0{,}75) \times$$

$$\times \left(\frac{1{,}23}{2} + 1\right) + 13 \cdot 0{,}5 = 3418 \ см^3;$$

$$z = \frac{\Sigma S}{\Sigma F} = \frac{3418}{108{,}5} = 31{,}6 \ см.$$

Моменты инерции:

$$J_x = \Sigma\ J_{x_0} + \Sigma\ Fa^2;$$

$$J_x = \frac{40^3 \cdot 0{,}6}{12} + 24 \cdot 7{,}4^2 + 40{,}5 \cdot 25{,}53^2 + 327 + \frac{0{,}75 \cdot 18^3}{12} +$$

$$+ 18 \cdot 0{,}75 \cdot 21{,}6^2 + 1{,}23\,(14{,}5 - 0{,}75)\,(31{,}6 - 1{,}6)^2 +$$

$$+ 13 \cdot 31{,}1^2 = 65\,600 \ см^4;$$

$$J_y = 5810 + \frac{516}{2} + \frac{13^3 \cdot 1}{12} = 6250 \ см^4.$$

Моменты сопротивления:

$$W_x^{в} = \frac{J_x}{h_{в}} = \frac{65\,600}{28{,}05} = 2340 \ см^3;$$

$$W_x^{н} = \frac{J_x}{h_{н}} = \frac{65\,600}{31{,}6} = 2080 \ см^3;$$

$$W_y^{в.п} = \frac{J_y \cdot 2}{b^{в.п}} = \frac{6250}{15} = 416 \ см^3.$$

$$W_y^{н.п} = \frac{J_y \cdot 2}{b^{н.п}} = \frac{6250}{7{,}25} = 860 \ см^3.$$

Прогиб в крайнем пролете

$$f = \frac{y_{прив} P_{кар}^{н}}{J_x} 10^3.$$

Согласно п. 23 настоящей инструкции $y_{\text{прив}} = 0{,}452$

$$f = \frac{0{,}452 \cdot 1425 \cdot 2 \cdot 10^2}{65\,600} = 1{,}96 \text{ см} < 2{,}4 \text{ см}.$$

Определение коэффициента понижения несущей способности при проверке общей устойчивости крайнего пролета балки. Момент инерции при свободном кручении:

$$J_к = \frac{\gamma}{3} \sum b\delta^3 + J_{\text{к тавра}} + J_{\text{к швеллера}};$$

$$J_к = \frac{1{,}25}{3}(40 \cdot 0{,}6^3 + 13 \cdot 1^3) + 15 + 11{,}65 = 35{,}7 \text{ см}^4.$$

Секториальный момент инерции

$$J_\omega = \frac{J_1 J_2}{J_y} h^2 = \frac{5810 \cdot 440}{6250} 56^2 = 1{,}28 \cdot 10^6 \text{ см}^6.$$

Коэффициент асимметрии

$$n = \frac{J_1}{J_y} = \frac{5810}{6250} = 0{,}93.$$

Характеристика α_1

$$\alpha_1 = \frac{GJ_к}{EJ_\omega} l^2 = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 35{,}7 \cdot 144 \cdot 10^4}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 1{,}28 \cdot 10^6} = 15{,}3.$$

По табл. 3 приложения 3 находим в функции n и α_1 : $\psi = 9{,}45$.

Коэффициент понижения несущей способности по формуле (2) приложения 3:

$$\varphi_б = \psi \frac{2J_y h h_1}{J_x l^2} 10^3;$$

$$\varphi_б = \frac{9{,}45 \cdot 2 \cdot 6250 \cdot 56 \cdot 25{,}53 \cdot 10^3}{65\,600 \cdot 144 \cdot 10^4} = 1{,}78,$$

так как $\varphi_{б.н} = \varphi_б \frac{h_2}{h_1} = 1{,}78 \frac{30{,}5}{25{,}53} = 2{,}13 > 0{,}85$; вместо $\varphi_б$ принимается величина $\varphi_б''$, определяемая по формуле (3) приложения 3, при этом $\varphi_б'$ и $\varphi_{б.н}'$ принимаются по табл. 2 приложения 3

$$\varphi_б'' = 1{,}78\left[\frac{1}{1{,}78} - 2{,}25 \cdot 0{,}43 \cdot 0{,}07\left(1 - \frac{1}{2{,}13}\right)\right] = 0{,}94.$$

Изгибно-крутильная характеристика

$$k = \sqrt{\frac{GJ_к}{EJ_\omega}}; \quad k = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^5 \cdot 35{,}7}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 1{,}28 \cdot 10^6}} = 3{,}25 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}.$$

Секториальные площади:

точки *1* (рис. 4 приложения 5) $\omega_1 = (28{,}05 - 0{,}325)15 = 416 \text{ см}^2$;
точки *2* $\omega_2 = (31{,}6 - 1{,}1)7{,}25 = 221 \text{ см}^2$.

Крутящий момент

$$M_{кр} = nTk_{д}z = 2 \cdot 88 \cdot 31{,}6 \cdot 1{,}2 = 6\,700 \ кгсм.$$

Бимомент

$$B_{макс} = \frac{M_{кр}}{2k} = \frac{6\,700 \cdot 10^3}{2 \cdot 3{,}25} = 1030 \cdot 10^3 \ кгсм^2.$$

Напряжения в верхнем поясе, согласно формуле (2) настоящей инструкции:

$$\sigma^{в.п} = \frac{M_x}{\varphi_б W_x} - \frac{M_y}{W_y} + \frac{B_{макс}\,\omega}{J_\omega} \leqslant R;$$

$$\sigma^{в.п} = \frac{26{,}33 \cdot 10^5}{0{,}94 \cdot 2340} - \frac{0{,}785 \cdot 10^5}{416} + \frac{1030 \cdot 10^3 \cdot 416}{1{,}28 \cdot 10^6} =$$

$$= 1200 - 190 + 335 = 1345 < 2100 \ кг/см^2.$$

Напряжения в нижнем поясе

Местные продольные напряжения в полках двутавра № 36

$a = 7{,}25 - \frac{0{,}75}{2} = 6{,}875$ *см*; $c_1 = 16$ *мм* (см. рис. 1, *а*);

$$c = a - c_1 = 6{,}785 - 1{,}6 = 5{,}275 \ см;$$

$$\zeta = \frac{c}{a} = \frac{5{,}275}{6{,}875} = 0{,}767;$$

$$t = 1{,}23 + 1 = 2{,}23 \ см.$$

По рис 1, *б*
при $\zeta = 0{,}767$ $k_3 = 1{,}57$;

$$\sigma_x^м = \frac{1{,}57 \cdot 1425}{2{,}23^2} = 450 \ кг/см^2;$$

$$\sigma_y^м = \frac{k_1 P_к}{t_к^2}; \quad t_к = t + 0{,}25 \cdot 0{,}12\,(b - d);$$

$$t_к = 1{,}23 + 0{,}25 \cdot 0{,}12\,(14{,}5 - 0{,}75) = 1{,}64 \ см;$$

Местные поперечные напряжения

По рис. 1, *б*
при $\zeta = 0{,}767$, $\kappa_1 = 2{,}5$;

$$\sigma_y^м = \frac{2{,}5 \cdot 1425 \cdot 1{,}2}{1{,}64^2} = 1590 < 2100.$$

Суммарные напряжения согласно формуле (3) настоящей инструкции

$$\frac{M_x}{W_x^н} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{B_{макс}\,\omega_2}{J_\omega} + \sigma_x^м = \frac{26{,}33 \cdot 10^5}{2080} + \frac{0{,}785 \cdot 10^5}{860} +$$

$$+ \frac{1030 \cdot 10^3 \cdot 221}{1{,}28 \cdot 10^6} + 450 = 1990 < 2400 \ кг/см^2.$$

Проверка общей устойчивости второго пролета при грузах в крайних пролетах. По известным n и α_1 по табл. 4 приложения 3 находим $\psi = 1{,}1$; по формуле (4) приложения 3:

$$\varphi_{б.н} = \psi \frac{2 J_y h h_2}{J_x l^2} 10^3;$$

$$\varphi_{б.н} = \frac{1{,}1 \cdot 2 \cdot 6250 \cdot 56 \cdot 30{,}5 \cdot 10^3}{65\,600 \cdot 144 \cdot 10^4} = 0{,}25;$$

$$\sigma_{сж}^{н.п} = \frac{M_в^р}{\varphi_{б.н} W_x^н} = \frac{5{,}85 \cdot 10^5}{0{,}25 \cdot 2080} = 1120 < 2100 \ кг/см^2.$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие указания	5
2. Рекомендации по выбору пролета, схемы и размещению балок подвесных путей	6
3. Сечения балок для путей подвесного транспорта	—
4. Материалы	8
5. Расчет прямых балок подвесных путей	—
6. Конструкции прямых участков подвесных путей	12
7. Связи продольных подвесных путей	14
8. Конструкции кривых и поперечных участков пути	—
9. Требования к изготовлению и монтажу подвесных путей	17
Приложение 1. Механизмы подвесного транспорта	18
Приложение 2. Характеристики балок и элементов путей подвесного транспорта	19
Приложение 3. Определение коэффициента φ_6 понижения несущей способности разрезных и неразрезных подвесных балок асимметричного сечения при проверке общей устойчивости	30
Приложение 4. Конструкции путей подвесного транспорта	35
Приложение 5. Примеры расчета подвесных балок	50

gost.e-ecolog.ru