СССР

Министерство строительства предприятий тяжелой индустрии

ГЛАВСТРОЙПРОЕКТ

Всесоюзная контора типового проектирования
и технических исследований
КТИС

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

ФЕРМЫ

СЕРИЯ 196

СТРОЙИЗДАТ

МОСКВА 1960

gost.e-ecolog.ru

СССР
Министерство строительства предприятий тяжелой индустрии
ГЛАВСТРОЙПРОЕКТ

Всесоюзная контора типового проектирования
и технических исследований
КТИС

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

ФЕРМЫ

СЕРИЯ 196

Утверждено Главстройпроектом в качестве руководящего материала для проектирования в организациях его системы

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА — 1950

Редактор доцент С. М. Тубин

Подписано к печати 14/X 1950 г. 4,75 печ. л. Т-08225. Тираж 1000 экз.
Заказ № 464

Типография Промстройпроекта. Москва, Б. Кочки, д. 17а.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 4
I. Общие положения 5
II. Материал и допускаемые напряжения 8
III. Соединения . . . . . —
1. Заводские соединения . . . . . —
2. Монтажные стыки 10
3. Монтажные крепления . . . . . —
IV. Назначение геометрической схемы стропильных ферм 12
1. Полигональные фермы . . . . . —
2. Треугольные фермы 15
V. Расчет ферм 16
1. Расчетные нагрузки . . . . . —
2. Определение расчетных усилий 18
3. Подбор сечений 19
VI. Конструирование и расчет узлов ферм 25
VII. Подстропильные фермы 45
VIII. Связи между фермами 51

Приложения

1. Коэфициенты φ уменьшения допускаемых напряжений при продольном изгибе центрально сжатых элементов 69
2. Коэфициенты $\varphi_{вн}$ понижения допускаемых напряжений при расчете внецентренно сжатых элементов по одночленной формуле 70
3. А. Геометрические данные для сечений из равнобоких уголков 72
Б. Геометрические данные для сечений из неравнобоких уголков 74
4. Данные по подвесному подъемно-транспортному оборудованию 76

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий выпуск является одним из разделов «Инструкции по проектированию стальных конструкций одноэтажных промышленных зданий», заменяющей аналогичную инструкцию Промстройпроекта, изданную до 1941 г.

Выпуск разработан в соответствии с Нормами и Техническими Условиями проектирования стальных конструкций (Н и ТУ-1-46) и содержит указания по проектированию стропильных и подстропильных ферм, а также связей покрытия.

При разработке учтен опыт ряда организаций («Промстройпроект», «Проектстальконструкция», «Стальконструкция», «Гипромез» и др.) по проектированию, изготовлению и монтажу стальных конструкций.

Инструкция разработана Всесоюзной конторой типового проектирования и технических исследований (КТИС) Минтяжстроя (инж И. Ф. Малыгина под руководством доцента С. М. Тубина).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1. В настоящей инструкции рассматриваются стропильные и подстропильные фермы (за исключением двустенчатых), а также связи между фермами.

§ 2. В покрытиях одноэтажных промышленных зданий рекомендуется применять стропильные фермы следующих типов:

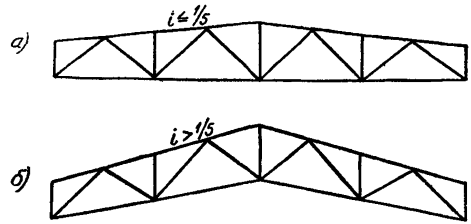


Рис. 1. Схемы полигональных стропильных ферм

1) полигональные фермы:
   а) с пологим уклоном верхнего пояса ($i < 1/5$) — трапецондального очертания (рис. 1а);
   б) с крутым уклоном верхнего пояса ($i > 1/5$) (рис. 1б);

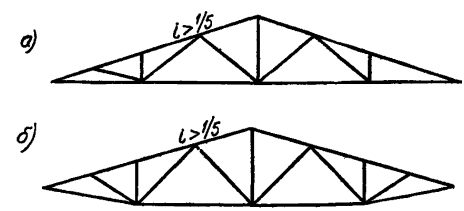


Рис. 2. Схемы треугольных стропильных ферм

2) треугольные фермы:
   а) с прямым нижним поясом (рис. 2а);
   б) с ломаным нижним поясом (рис. 2б).

§ 3. Выбор типа стропильной фермы в основном определяется:
1) уклоном кровли, зависящим от ее материала;
2) наличием и режимом работы кранового оборудования.

При пологих уклонах кровли ($i < 1/5$) следует применять полигональные фермы трапецоидального очертания (независимо от наличия и режима работы кранового оборудования). При этом уклон верхнего пояса, как правило, назначается равным:

$i = 1/10$ — для кровель из рулонных материалов;

$i = 1/7 - 1/5$ — для кровли из волнистой стали.

В покрытиях с кровлей из волнистой стали, в случаях, когда высота ферм посередине пролета выходит за пределы железнодорожного габарита, рекомендуется спрямлять верхний пояс ферм на участке под фонарем (особенно при условии доведения фонаря до торца здания) (рис. 3).

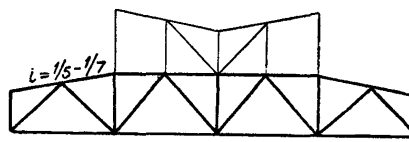


Рис. 3. Схема стропильной фермы с горизонтальным верхним поясом на участке под фонарем

При крутых уклонах кровли ($i > 1/5$) рекомендуется применять:

а) треугольные фермы — в бескрановых зданиях, а также в зданиях с кранами легкого и среднего режимов работы грузоподъемностью до 30 т включительно (при высоте здания не свыше 12 м);

б) полигональные фермы с крутым уклоном верхнего пояса — в остальных зданиях, требующих жесткого сопряжения ферм с колоннами.

При этом для кровель из асбестоцементных волнистых плит уклон верхнего пояса назначается равным $i = 1/4 - 1/3{,}3$.

§ 4. Полигональные трапецоидальные фермы могут иметь либо шарнирное, либо жесткое соединение с колоннами.

В зданиях со смешанным каркасом следует принимать шарнирное соединение ферм с колоннами (рис. 4).

В зданиях со стальным каркасом в целях обеспечения большей поперечной жесткости сооружения следует принимать жесткое соединение ферм с колоннами (рис. 5).

§ 5. При проектировании ферм следует наряду с экономией металла обращать особое внимание на уменьшение трудоемкости и ускорение процессов изготовления и монтажа, для чего:

а) при выборе схем отдавать предпочтение более простым схемам с меньшим количеством узлов и панелей;

б) стремиться к максимальной типизации и стандартизации конструкций, всемерно унифицируя основные размеры ферм (высоту ферм на опорах, длину панелей, ширину фонарей) и конструктивные детали, сокращая количество различных марок, профилей и т. п.;

в) монтажные крепления осуществлять преимущественно на черных болтах.

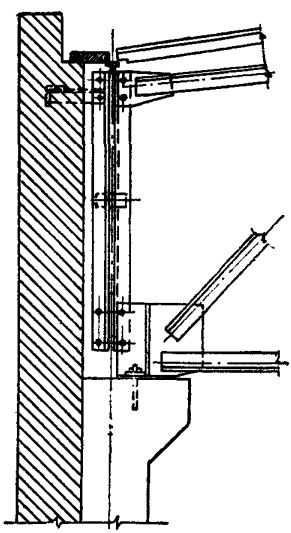


Рис. 4. Шарнирное соединение фермы с колонной в здании со смешанным каркасом

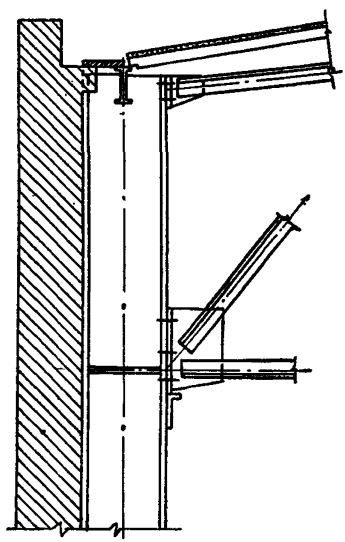


Рис. 5. Жесткое соединение фермы с колонной в здании со стальным каркасом

§ 6. Количество различных уголковых профилей, требующихся для изготовления одной фермы, должно быть, как правило, не более шести, при том условии, однако, чтобы увеличение веса конструкции за счет унификации профилей не превышало 3%.

§ 7. Опоры ферм в зданиях с металлическими и железобетонными колоннами при пролетах до 36 м проектируются, как правило, без учета требований их подвижности; в других случаях вопрос о подвижности опор решается в каждом отдельном проекте.

§ 8. Строительный подъем в фермах следует назначать при пролетах более 30 м, принимая величину его равной ~ 1/500 пролета.

Строительный подъем должен быть оговорен в чертежах технического проекта (КМ) и учтен при разработке рабочих чертежей (КМД).

II. МАТЕРИАЛ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

§ 9. В качестве основного материала для изготовления ферм следует применять сталь марки Ст. 3.

Бессемеровскую и томасовскую сталь допускается применять только для элементов конструкций, не подверженных непосредственному воздействию динамических нагрузок, а кипящую томасовскую сталь — только для клепаных конструкций.

В случае необходимости фермы могут изготовляться из стали марки Ст. Ос.

§ 10. Электроды при изготовлении сварных ферм могут применяться тонкообмазанные (марки Э 34) и толстообмазанные (марки Э 42). Для сварки ферм больших пролетов ($l \geqslant 30$ м), а также ферм, несущих подвесное подъемно-транспортное оборудование, предпочтительно применение толстообмазанных электродов (марки Э 42).

§ 11. Заклепки при изготовлении клепаных ферм применяются из заклепочной стали марок Ст. 2 и Ст. 3.

§ 12. Проверку размеров опорных плит стропильных и подстропильных ферм, опирающихся на железобетонные колонны, разрешается производить по условному расчету в предположении равномерного распределения напряжений под опорной плитой. При этом напряжения в бетоне не должны превышать величины $\frac{R_{пр}}{k}$,

где $R_{пр}$ — предел прочности бетона на сжатие, принимаемый по действующим Нормам и Техническим Условиям проектирования железобетонных конструкций;

k — коэфициент запаса, принимаемый равным 2,0.

III. СОЕДИНЕНИЯ

1. Заводские соединения

§ 13. Стропильные и подстропильные фермы следует, как правило, проектировать сварными.

Клепаные фермы допускаются лишь в отдельных случаях, при необходимости использования наличного клепального оборудования в условиях данного завода—изготовителя.

§ 14. В целях снижения трудоемкости изготовления ферм следует типы сечений элементов сварных ферм и положение швов

предусматривать такие, чтобы в процессе сварки приходилось как можно меньше кантовать конструкции.

§ 15. Размеры валиковых швов в узловых соединениях ферм должны удовлетворять следующим требованиям:

а) расчетная длина флангового шва $l_ш$ должна быть не менее 40 мм или 4-х толщин шва; проектная длина сварного шва принимается равной $l_ш + 10$ мм;

б) наибольшая расчетная длина флангового шва должна быть не более 60 толщин шва;

в) толщина шва (по катету) $h_ш$ должна быть не менее 5 мм и не более: $1{,}5\delta$ — в конструкциях, работающих под статической нагрузкой, и $1{,}2\delta$ — в конструкциях, работающих под динамической нагрузкой, где δ — наименьшая толщина соединяемых элементов.

§ 16. При расчете заклепочных соединений следует иметь в виду, что заклепки, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяются отдельно на срез и отдельно на растяжение.

§ 17. Заклепки в клепаных фермах рекомендуется применять одного диаметра и по возможности одинакового с диаметром, принятым для других конструкций данного сооружения (колонн, подкрановых балок и т. п.).

Диаметр заклепок назначается преимущественно равным 20 мм; при малых пролетах стропильных ферм (12—15 м) могут применяться заклепки диаметром 17 мм, при больших пролетах стропильных ферм (более 30 м) — диаметром 23 мм.

§ 18. Отверстия для заклепок должны быть, как правило, давленые на проектный диаметр (при условии если $d \geqslant \delta$, где d — диаметр отверстия, δ — толщина элемента).

В элементах, изготовляемых из томасовской стали, отверстия следует проектировать либо сверленые, либо давленые на меньший диаметр с последующей рассверловкой до проектного диаметра.

§ 19. В узлах, а также в стыках элементов ферм, когда от разбивки заклепок зависят размеры узловых фасонок или стыковых накладок, следует принимать минимальный шаг заклепок, равный 3,5—4,0 d.

Наибольший шаг заклепок не должен превышать: $16d$ или 24δ — в растянутых элементах и $12d$ или 18δ — в сжатых, где δ — толщина самого тонкого элемента, а d — диаметр отверстия.

§ 20. Применение комбинированных соединений, в которых часть усилия воспринимается заклепками, а часть сварными швами, во вновь проектируемых конструкциях не допускается.

§ 21. В рабочих элементах ферм число заклепок, прикрепляющих элемент в узле или расположенных по одну сторону стыка, должно быть не менее двух.

2. Монтажные стыки

§ 22. Монтажные стыки ферм, осуществляемые, как правило, при укрупнительной сборке, следует проектировать: в сварных фермах — сварными, в клепаных — на заклепках или рифленых болтах.

§ 23. При разбивке ферм на отправочные марки длину последних следует назначать максимальной, исходя из условий транспортировки конструкций к месту монтажа. При перевозке ферм по железной дороге длина отправочной единицы, как правило, не должна превышать 19 м.

При большей длине фермы необходимо разбивать: полигональные фермы — на две отправочные единицы при помощи монтажного стыка, который, как правило, устраивается посередине фермы; треугольные фермы — на три отправочные единицы, как показано на рис. 6.

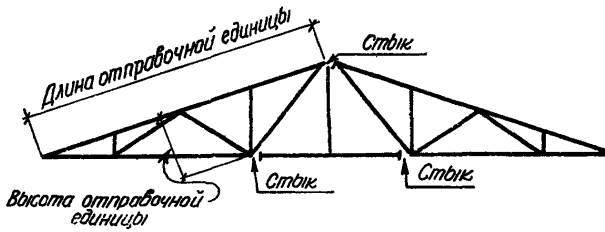


Рис. 6. Разбивка треугольной фермы на отправочные единицы

Во всех случаях высота отправочной единицы, т. е. расстояние между крайними выступающими точками конструкции, не должна превышать 3,85 м.

3. Монтажные крепления

§ 24. Монтаж ферм и присоединяемых к ним элементов (фонарей, прогонов, связей) следует, как правило, вести на черных болтах.

Исключение составляют монтажные крепления ферм и связей по нижним поясам ферм в цехах с тяжелым режимом работы[1];

[1] Цехи с тяжелым режимом работы (по классификации Гипромеза) в основном характеризуются наличием кранов тяжелого режима работы и круглосуточной их работой. Кроме того, к этой категории цехов отиосятся особо высокие и тяжелые сооружения.

в этих случаях указанные крепления следует осуществлять на заклепках или на рифленых болтах.

§ 25. Для облегчения монтажа стропильных ферм следует предусматривать специальные столики, прикрепляемые к колоннам при изготовлении последних. При этом, в соединениях, выполняемых на черных болтах, вертикальное давление полностью передается на столик через обработанную поверхность опорной планки фермы, болты же обеспечивают плотность соединения и воспринимают растягивающие усилия, возникающие в соединении вследствие работы фермы, как ригеля поперечной рамы. В этом случае диаметр отверстий в опорных планках ферм принимается на 2—4 мм больше диаметра болтов.

Столики рекомендуется выполнять из неравнобокого уголка или из толстого листа с обработанной верхней кромкой (см. серию 176 «Колонны», § 52).

В монтажных соединениях, выполняемых на заклепках, столики служат только для опирания конструкции во время монтажа и выполняются из уголков, располагаемых на 15—20 мм ниже опорной планки фермы.

§ 26. Крепление к колоннам подстропильных ферм следует проектировать, аналогично креплению стропильных ферм, с применением монтажных столиков. При этом необходимо предусматривать возможность независимой установки смежных подстропильных ферм на одну колонну с предварительным закреплением ранее поставленной фермы соответствующим количеством болтов (см. § 110).

§ 27. При расчете болтовых соединений следует иметь в виду, что болты, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяются отдельно на срез и отдельно на растяжение.

§ 28. При разбивке отверстий в монтажных соединениях следует максимально унифицировать риски, шаги и поперечные расстояния между рядами отверстий (дорожки).

При разработке монтажных креплений ферм разных пролетов рекомендуется принимать дорожку одной ширины и единый модуль для шагов отверстий, подчиняя этому модулю и расстояние между крайними отверстиями креплений верхнего и нижнего поясов. Такая разбивка позволяет применять один инвентарный кондуктор для наметки или сверления отверстий во всех фермах.

§ 29. Образование монтажных отверстий в фермах должно производиться на заводе-изготовителе на полный проектный диаметр. Способ образования этих отверстий следует назначать в соответствии с типом данного соединения, а именно: в соединениях на черных болтах отверстия следует принимать давлеными, в остальных соединениях — сверленными.

IV. НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ

1. Полигональные фермы

а) Фермы с пологим уклоном верхнего пояса

§ 30. Высоту в середине пролета трапецоидальных ферм с уклоном верхнего пояса $i = 1/10$ следует, как правило, назначать в пределах от 1/7 до 1/9 пролета, причем величина этого отношения может быть тем меньше, чем больше пролет фермы.

§ 31. Высота трапецоидальных ферм с уклоном верхнего пояса $i = 1/7 - 1/5$ назначается из условия необходимой высоты фермы на опоре (см § 32) и, как правило, получается большей, чем 1/7 пролета.

§ 32. При назначении высоты на опоре трапецоидальных ферм необходимо руководствоваться следующими соображениями:

а) высота на опоре ферм разных пролетов должна приниматься по возможности унифицированной;

б) высота на опоре ферм, жестко соединяемых с колоннами, не должна быть менее 1/13—1/17 пролета (из условия восприятия изгибающих моментов, возникающих в ферме, как ригеле рамы), причем величина этого отношения может быть тем меньше, чем больше пролет фермы.

Рекомендуемые высоты трапецоидальных ферм с уклоном верхнего пояса $i = 1/10$ для пролетов 12—30 м показаны на рис. 7.

§ 33. Схему решетки трапецоидальных ферм рекомендуется принимать треугольную с дополнительными стойками и восходящими к середине пролета опорными раскосами.

§ 34. В основу разбивки решетки ферм следует принимать длину кровельного элемента. При разбивке на панели фермы данного пролета следует стремиться к применению одного, максимум двух типоразмеров основных кровельных элементов. Количество типоразмеров основных кровельных элементов, определяющих разбивку решетки всех ферм по данному объекту, не должно превышать трех.

§ 35. При выборе длины кровельных элементов следует отдавать предпочтение наиболее длинным элементам, обеспечивающим более редкую расстановку прогонов. В частности, рекомендуется применять облегченные кровельные элементы длиной 3 м при условии изготовления их из эффективных материалов.

§ 36. При применении кровельных элементов обычных размеров (длиной до 2,3 м) разбивку решетки трапецоидальных ферм с уклоном верхнего пояса 1/10 для пролетов 12—30 м рекомендуется принимать в соответствии с примерами, приведенными на рис. 7. В случае применения кровельных элементов длиной 3 м

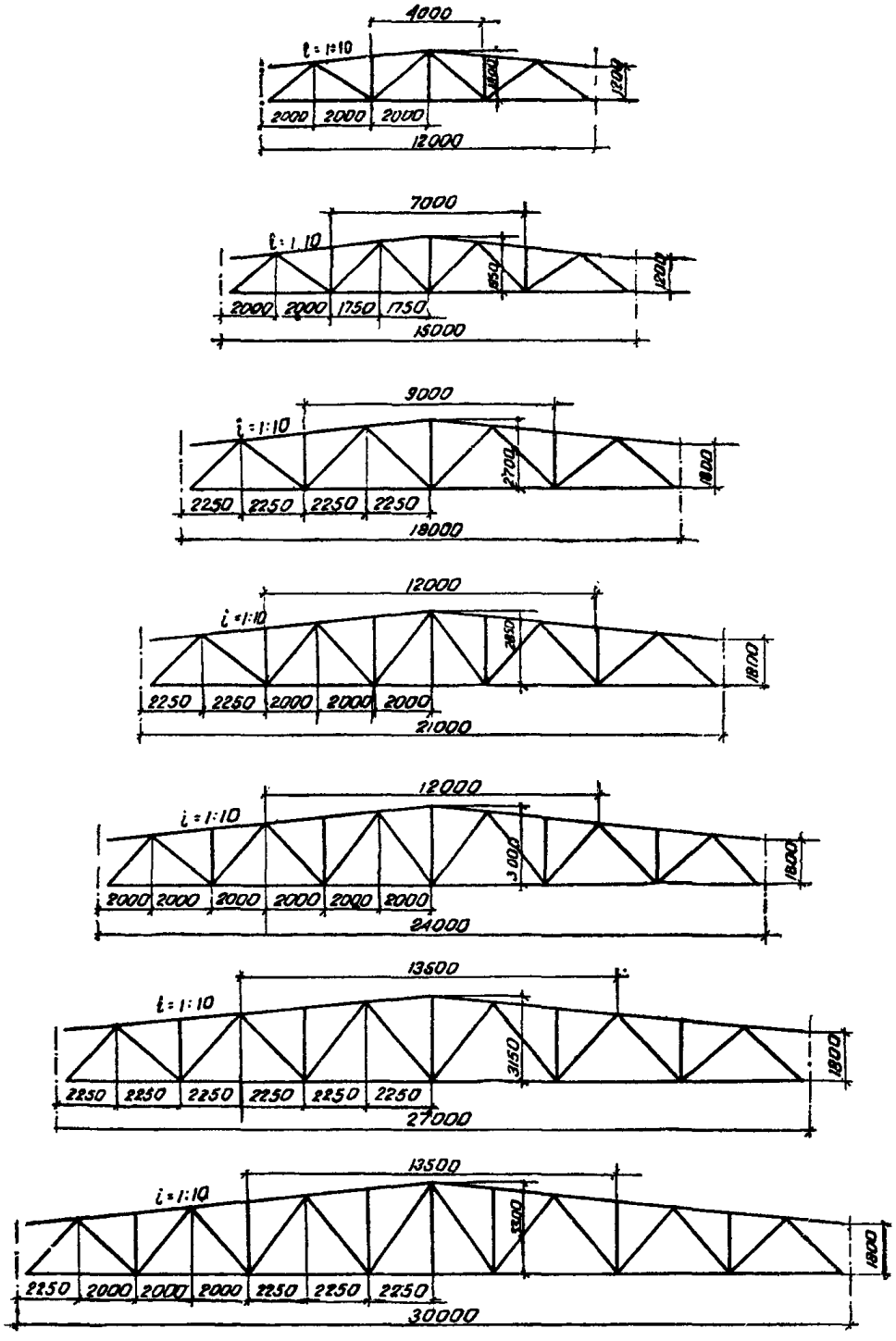


Рис. 7. Примеры разбивки решетки трапецоидальных ферм

схема решетки ферм должна решаться в каждом отдельном проекте.

§ 37. Фермы боковых пролетов зданий с наружным отводом воды следует проектировать односкатными: при пролетах 12—15 м по рис. 8, при пролетах 18 м и более по рис. 9а, б.



Рис. 8. Схема односкатной стропильной фермы для пролетов $L = 12—15$ м

При наличии подвесного подъемно-транспортного оборудования очертание нижнего пояса фермы следует выбирать в зависимости от условия подвески балок к узлам ферм.



Рис. 9. Схемы односкатных стропильных ферм для пролетов $L > 18$ м

б) Фермы с крутым уклоном верхнего пояса

§ 38. В полигональных фермах с крутым уклоном верхнего пояса (рис. 1б) нижнему поясу рекомендуется придавать уклон 1/5, так как такое очертание поясов обеспечивает:

а) оптимальную высоту фермы в середине пролета;

б) возможность членения фермы (пролетом до 36 м) на две габаритные отправочные единицы.

Исключение составляют фермы с уклоном верхнего пояса, незначительно превышающим 1/5, в которых нижний пояс следует принимать параллельным верхнему.

§ 39. Высоту в середине пролета полигональных ферм с крутым уклоном верхнего пояса следует назначать в соответствии с указаниями § 30, высоту на опоре — в соответствии с указаниями § 32.

§ 40. Схему решетки полигональных ферм с крутым уклоном верхнего пояса рекомендуется принимать треугольную с дополнительными стойками и восходящими к середине пролета опорными раскосами (рис. 10).

§ 41. Разбивку узлов верхнего пояса в покрытиях с кровлей из асбестоцементных волнистых плит рекомендуется производить

независимо от расстановки прогонов, так как наибольшее расстояние между прогонами (1300 мм), определяемое полным использованием несущей способности асбестоцементных волнистых плит, не может быть рационально увязано со стандартными пролетами ферм. При этом следует стремиться к тому, чтобы прого-

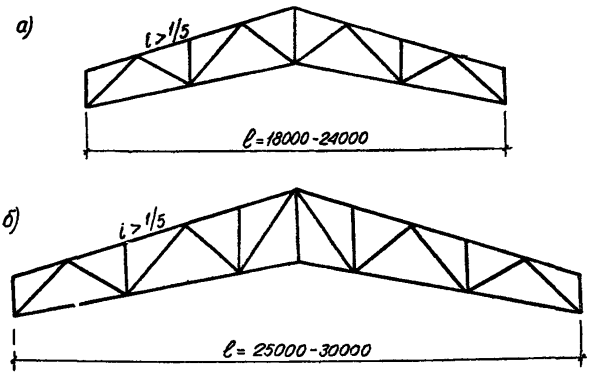


Рис. 10. Схемы решетки полигональных ферм с крутым уклоном верхнего пояса

ны, являющиеся элементами горизонтальных связевых ферм, были совмещены с узлами верхнего пояса или располагались вблизи их.

2. Треугольные фермы

§ 42. При выборе очертания треугольных ферм следует иметь в виду, что фермы с ломаным нижним поясом (рис. 2б) имеют значительно (на 30—40%) меньшие усилия в поясах, а также лучшую конструкцию опорных узлов по сравнению с фермами с горизонтальным нижним поясом.

Поэтому для пролетов до 18 м включительно, т. е. в случаях, когда высота фермы в середине пролета не выходит за пределы габаритной (3,85 м), рекомендуется применять фермы с ломаным нижним поясом.

Для пролетов, превышающих 18 м, рекомендуется применять треугольные фермы с горизонтальным нижним поясом (рис. 2а).

§ 43. Высота треугольных ферм определяется заданным уклоном верхнего пояса; в фермах с ломаным нижним поясом понижение последнего относительно опор рекомендуется принимать равным 500—600 мм.

§ 44. Схему решетки треугольных ферм рекомендуется принимать треугольную с дополнительными стойками в соответствии с рис. 11а для пролетов до 18 м включительно и рис. 11б для пролетов свыше 18 м.

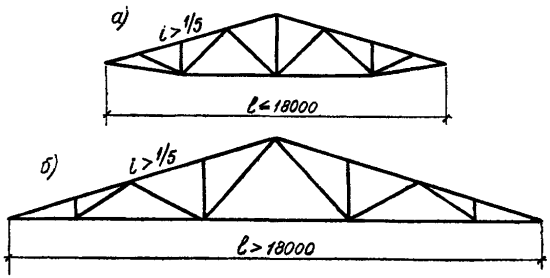


Рис. 11. Схемы решетки треугольных ферм

V. РАСЧЕТ ФЕРМ

1. Расчетные нагрузки

§ 45. Фермы промышленных зданий рассчитываются на следующие виды нагрузок:

а) постоянную — вес кровли с утеплителем и собственный вес конструкций покрытия;

б) временную — подвесное подъемно-транспортное оборудование, снеговая и ветровая нагрузки.

При этом все нагрузки, кроме ветровой, следует относить к основным воздействиям и расчет на них вести по первому пределу допускаемых напряжений; ветровую нагрузку следует относить к дополнительным воздействиям и расчет ферм при учете ее вести по второму пределу допускаемых напряжений.

§ 46. При расчете ферм собственный вес конструкций покрытия обычного типа, включая стропильные фермы, прогоны, связи и фонари, разрешается принимать (в зависимости от величины полной нагрузки на ферму) по табл. 1.

§ 47. Снеговая нагрузка определяется с учетом возможного неравномерного распределения снегового покрова около фонарей в соответствии с действующими стандартами на снеговую нагрузку.

§ 48. Нагрузки от подвесного подъемно-транспортного оборудования должны определяться по действующим стандартам, а в случае отсутствия таковых — по нормалям краностроительных заводов.

Ориентировочные данные по подвесным кранбалкам грузоподъемностью 1—3 т и тельферам грузоподъемностью 1—5 т приведены в приложении 4.

§ 49. При определении расчетных вертикальных нагрузок от электрических подвесных кранбалок, тельферов и пр., перемещающихся непосредственно по нижним поясам стропильных ферм, нормативные величины умножаются на динамический коэфициент, равный 1,1.

§ 50. При подвеске к фермам электрического подъемно-транспортного оборудования следует учитывать горизонтальные силы торможения, для восприятия которых рекомендуется предусматривать соответствующие системы связей. Силы торможения относятся к основным воздействиям, но принимаются без динамического коэфициента.

§ 51. При расчете на ветровую нагрузку следует иметь в виду, что в расчет вводятся лишь усилия от ветровой нагрузки, возникающие в элементах ферм в результате работы фермы как ригеля поперечной рамы.

Усилия в элементах ферм, вызванные давлением ветра на ферму (при углах наклона верхнего пояса меньших 30°), а также на фонарь не учитываются.

Таблица 1

Собственный вес конструкций покрытия

№№ п/п.	Пролет фермы, м	Собственный вес конструкций покрытия, кг/м²	
		при q=160 кг/м²	при q=400 кг/м²
1	12,0	30	40
2	15,0	35	45
3	18,0	30	45
4	21,0	35	50
5	24,0	35	50

§ 52. Фермы цехов, расположенных в районе источников пылевыделения (доменных печей, конверторов томасовского и бессемеровского производств), следует рассчитывать на нагрузку от производственных выносов и пыли, относя ее к основным воздействиям. При уклонах кровли от $^1/_3$ и менее нагрузка от пыли может приниматься по табл. 2[1].

§ 53. Расчет стропильных ферм на устойчивость при монтаже производится в соответствии с указаниями приложения 4 к «Инструкции по монтажу стальных конструкций» Наркомстроя (И-79-43); этот расчет, как правило, производится при составле-

Таблица 2

Нагрузка от пыли

Источники пылевыделения	Расстояние от источника пылевыделения м	Нагрузка от пыли кг/м²
Доменные печи	до 100	50
	от 101 до 500	25
Конверторы томасовского и бессемеровского производств	до 100	100
	от 101 до 300	50

[1] Указаниями § 52 разрешается пользоваться до утверждения соответствующих нормативных документов по нагрузке от пыли.

нии проекта организации монтажных работ и на подборе сечений не отражается.

Однако, требования монтажной жесткости должны учитываться при компоновке сечений поясов ферм.

2. Определение расчетных усилий

§ 54. Расчет ферм ведется как стержневых систем в предположении, что в узлах имеются идеальные шарниры, а все стержни работают только на осевые усилия. Дополнительные напряжения, возникающие в стержнях ферм от жесткости узлов, не учитываются.

§ 55. Определение усилий в стержнях ферм, как правило, следует производить графическим методом. В фермах с параллельными поясами и небольшим количеством стержней возможно определение усилий аналитическим методом.

§ 56. Расчетные усилия в стержнях стропильных ферм, шарнирно опирающихся на колонны, определяются путем суммирования усилий от постоянной нагрузки с усилиями от снеговой нагрузки, расположенной на всем пролете.

При пролетах ферм свыше 24 м, за исключением треугольных ферм с прямым нижним поясом, расчетными для средних раскосов могут оказаться суммарные усилия от постоянной нагрузки и снеговой нагрузки, расположенной на одной половине фермы.

§ 57. При определении расчетных усилий в стержнях стропильных ферм, жестко соединенных с колоннами, помимо нагрузки, приложенной к узлам верхнего или нижнего поясов, следует учитывать влияние моментов и нормальных сил, действующих в опорных сечениях ферм.

При этом необходимо определять усилия в стержнях от двух комбинаций опорных моментов, а именно:

а) комбинации, создающей наихудшие условия для работы поясов (рис. 12а);

б) комбинации, создающей наихудшие условия для работы раскосов (рис. 12б).

Нормальные силы считаются приложенными на уровне нижнего пояса ферм и учитываются при определении возможных сжимающих усилий в нижнем поясе.

Соответствующие значения моментов и нормальных сил определяются на основании статического расчета поперечной рамы.

В многопролетных рамах, усилия в которых определяются с учетом возможного появления пластических шарниров у средних колонн, расчетные комбинации, создающие наихудшие условия для работы элементов ферм в пролетах с пластическими шарнирами, принимаются по рис. 12 б и в.

§ 58. Возникающие в опорных сечениях ферм моменты заменяются парами горизонтальных сил H с плечом h_0, равным вы-

соте фермы на опоре (рис. 13). Величина усилий H, являющихся внешними для расчета ферм, определяется по формуле:

$$H = \frac{M}{h_0}. \qquad (1)$$

§ 59. При суммировании усилий от опорных моментов с усилиями от вертикальной нагрузки на ферме, ввиду неопределенности порядка монтажа (момента замыкания рамы), разгрузка элементов фермы опорными моментами не учитывается. Имея

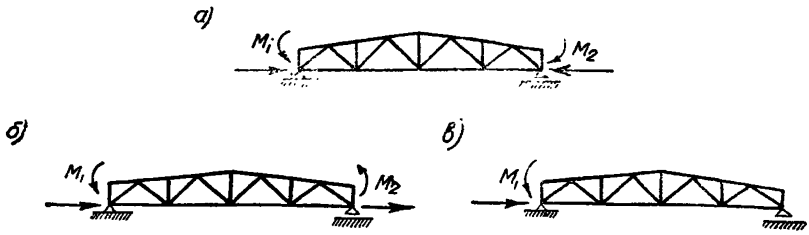


Рис. 12. Расчетные комбинации моментов и нормальных сил в опорных сечениях ферм

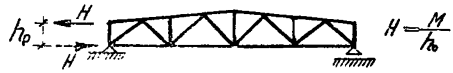


Рис. 13. Замена момента в опорном сечении фермы эквивалентной парой горизонтальных сил

в виду возможность появления в нижнем поясе, а также в средних растянутых раскосах решетки, сжимающих усилий, которые будут тем значительнее, чем легче кровля и чем больше нагрузки, вызывающие горизонтальные смещения рамы, следует производить соответствующее суммирование для двух случаев: со снеговой нагрузкой и без нее.

3. Подбор сечений

§ 60. Расчетная длина элементов ферм при определении их гибкости принимается по табл. 3.

Таблица 3

Расчетная длина элементов ферм с простой решеткой

Наименование элемента	При продольном изгибе	
	в плоскости фермы	из плоскости фермы
Пояса	l	l_1
Опорные раскосы и опорные стойки . .	l	l
Прочие элементы решетки	$0{,}8\,l$	l

Здесь: l — геометрическая длина элемента (расстояние между центрами смежных узлов);

l_1 — расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы.

§ 61. Гибкость элементов ферм не должна превышать значений, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Допускаемые гибкости элементов ферм

Нанменование элемента	Сжатые элементы	Растянутые элементы	
		подвергающиеся непосредственному действию динамической нагрузки	подвергающиеся действию статической нагрузки
Пояса и опорные раскосы . .	120	250	400
Стойки, передающие опорные реакции	120	—	—
Прочие элементы решетки . .	150	350	400

В сооружениях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов проверяется только в вертикальной плоскости. Таким образом, растянутыми элементами, гибкость которых подлежит проверке в горизонтальной плоскости, как правило, являются только нижние пояса ферм в зданиях, оборудованных мостовыми кранами или подвесным подъемно-транспортным оборудованием; требуемая гибкость этих поясов обеспечивается соответствующей развязкой их промежуточных узлов (§ 120).



Рис. 14а

§ 62. Элементы стропильных и подстропильных ферм следует, как правило, проектировать из двух уголков, соединенных тавром; применение элементов из одиночных уголков не разрешается, так как ведет к значительному снижению боковой жесткости этих элементов.

При необходимости максимальной экономии листовой стали сечения поясов стропильных ферм могут проектироваться из одного швеллера, из двутавра с обрезанной нижней полкой, либо составного сечения из швеллера с двутавром (рис. 14а); в пер-

вом случае, при проектировании пояса из швеллера, в качестве фасонок рекомендуется применять обрезки двутавров; в остальных случаях элементы решетки крепятся непосредственно к двутаврам. Указанные сечения следует применять в тех случаях, когда они не дают перерасхода стали по сравнению с сечениями из уголков.

При проектировании поясов стропильных ферм из уголков следует руководствоваться указаниями §§ 63—66.

§ 63. При подборе сечений элементов ферм (в особенности сжатых) следует отдавать предпочтение тонким уголкам, обладающим большей жесткостью при равном весе. При этом, толщину уголков в конструкциях рекомендуется принимать не менее 5 мм.

§ 64. Верхний пояс ферм при горизонтальной развязке пояса через узел и реже (§ 127) следует проектировать из двух неравнобоких уголков, соединенных меньшими полками.

При горизонтальной развязке пояса в каждом узле (и при условии обеспечения необходимой монтажной жесткости) верхний пояс ферм рекомендуется проектировать из равнобоких уголков. Кроме того, независимо от развязки, применение равнобоких уголков может оказаться целесообразным при наличии внеузловой нагрузки, а также в мощных поясах ферм больших пролетов.

Применение в верхних поясах ферм неравнобоких уголков, соединенных широкими полками, может быть допущено в отдельных случаях при соответствующем обосновании.

§ 65. Нижний пояс ферм может проектироваться из равнобоких или неравнобоких уголков, профиль которых выбирается из условия наименьшего веса; при равном весе следует отдавать предпочтение неравнобоким уголкам, соединяя их меньшими полками.

§ 66. Сечения поясов стропильных ферм при пролетах до 24 м включительно и подстропильных ферм при пролетах не более 12 м, как правило, принимаются постоянными по всей длине и подбираются по наибольшим расчетным усилиям.

В случае применения в фермах с большими пролетами поясов переменного сечения переход от одного сечения пояса к другому следует осуществлять либо изменением размеров полок уголков, толщина которых из условия перекрытия стыков накладками должна быть одинаковой на обоих участках пояса, либо усилением более нагруженных участков пояса горизонтальным листом.

§ 67. Сжатые опорные раскосы, в соответствии с их одинаковой расчетной длиной относительно главных осей сечения, следует, как правило, проектировать из двух неравнобоких уголков, соединенных широкими полками.

§ 68. Стойки стропильных ферм, к которым крепятся вертикальные связи, следует проектировать крестового сечения из двух

уголков размерами не менее 65×6. Стойки подстропильных ферм, к которым крепятся стропильные фермы, также проектируются крестового сечения из двух уголков, размеры которых определяются по расчету.

§ 69. Сечения стержней решетки, не упомянутых в §§ 67 и 68, следует, как правило, проектировать из двух равнобоких уголков, соединенных тавром, размерами не менее 50×5 (см. § 63) в сварных конструкциях и 65×6 в клепаных (при диаметре отверстий 20 мм).

§ 70. На протяжении между узлами уголки составных стержней (поясов и решетки) соединяются между собой прокладками — в сварных конструкциях прямоугольными, в клепаных:

а) при однорядных уголках — в виде круглых шайб на одной заклепке;

б) при двухрядных уголках — прямоугольными на двух заклепках.

§ 71. Наибольшее расстояние между прокладками и шайбами принимается равным 40 r для сжатых и 80 r для растянутых стержней, где r — радиус инерции одного уголка относительно оси, проходящей через центр тяжести уголка и параллельной полке, расположенной в плоскости фермы (для тавровых сечений) или минимальный радиус инерции уголка (для крестовых сечений).

При этом в элементах решетки следует ставить не менее двух прокладок.

§ 72. Сечения стержней, работающих на растяжение, проверяются на прочность по формуле:

$$\frac{N}{F_{нт}} \leqslant [\sigma]. \qquad (2)$$

При этом в клепаных фермах величина $F_{нт}$ принимается с учетом действительного ослабления сечения заклепочными отверстиями; в сварных фермах можно принимать $F_{нт} = F_{бр}$ при условии, что отверстия в поясах ферм для крепления связей расположены в пределах узловых фасонок.

Для предварительного подбора сечений клепаных ферм коэфициент ослабления стержня заклепочными отверстиями разрешается принимать равным 0,85 — для уголков с однорядным и шахматным размещением заклепок и 0,75 — для двухрядных уголков.

§ 73. Стержни, работающие на центральное сжатие, проверяются по формулам:

на прочность $$\frac{N}{F_{нт}} \leqslant [\sigma], \qquad (3)$$

на устойчивость $$\frac{N}{\varphi F_{бр}} \leqslant [\sigma], \qquad (4)$$

где φ — наименьший коэфициент понижения допускаемых напряжений при продольном изгибе центрально сжатых элементов (см. приложение 1).

В сварных фермах при $F_{нт} = F_{бр}$ расчет следует вести только по формуле (4).

§ 74. Сечения стержней верхнего пояса стропильных и подстропильных ферм, работающих на центральное сжатие с поперечным изгибом, проверяются по формулам:

на прочность
$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{W_{нт}} \leqslant [\sigma], \qquad (5)$$

на устойчивость
$$\frac{N}{\varphi F_{бр}} + \frac{M}{W_{бр}} \leqslant [\sigma], \qquad (6)$$

где коэфициент φ принимается в плоскости действия момента (см. приложение 1).

В сварных фермах при $F_{нт} = F_{бр}$ и $W_{нт} = W_{бр}$ расчет следует вести по формуле (6).

§ 75. Наряду с двучленной формулой (6) для проверки внецентренно сжатых стержней на устойчивость в плоскости действия момента допускается применение одночленной формулы:

$$\frac{N}{\varphi_{вн} F_{бр}} \leqslant [\sigma], \qquad (7)$$

которая дает более точные значения напряжений, как правило, несколько превышающие значения напряжений, получаемые по формуле (6).

В формуле (7) $\varphi_{вн}$ — коэфициент понижения допускаемых напряжений при внецентренном сжатии, определяемый в функции гибкости стержня в плоскости изгиба и относительного эксцентриситета

$$m = \frac{M}{N} \cdot \frac{F_{бр}}{W_{бр}},$$

где $W_{бр}$ — момент сопротивления брутто относительно оси x—x сечения стержня для наиболее сжатого волокна (рис. 14б).

Значения коэфициента $\varphi_{вн}$ приведены в приложении 2.

§ 76. В случае, если $\lambda_y \geqslant \lambda_x$, следует производить проверку внецентренно сжатого стержня с учетом гибкости в плоскости, перпендикулярной к плоскости действия момента, по формуле:

$$\frac{N}{k\varphi_y F_{бр}} \leqslant [\sigma], \qquad (8)$$

где k — коэфициент, учитывающий влияние изгибающего момента, действующего в плоскости фермы (M_x), на устойчивость стержня в перпендикулярной плоскости.

Для тавровых сечений, имеющих только одну ось симметрии (рис. 14б), коэфициент k определяется по формуле:

$$k = \frac{1}{1+m}; \qquad (9)$$

где $m = \frac{M}{N} \cdot \frac{F_{бр}}{W_{бр}}$ — относительный эксцентриситет.

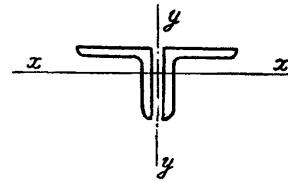


Рис. 14б. Расположение главных осей в сечении верхнего пояса фермы

§ 77. Крайнюю панель верхнего пояса полигональных стропильных ферм в случае устройства ендовы на двух прогонах (в кровлях с применением термоплит) следует рассчитывать:

а) при шарнирном опирании фермы на колонну — на изгиб по формуле:

$$\frac{M}{W_{мин}} < [\sigma]; \qquad (10)$$

б) при жестком соединении фермы с колонной — на внецентренное растяжение по формуле:

$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{W_{мин}} < [\sigma] \qquad (11)$$

или внецентренное сжатие по формулам (5) и (6) (см. § 74).

Необходимое усиление сечения рекомендуется производить: при незначительном изгибе путем развития узловой фасонки (рис. 15а), в остальных случаях добавлением вертикального листа (рис. 15б); в последнем случае рекомендуется высоту усиленного сечения принимать не менее 1/20 от длины панели.

§ 78. Величина изгибающих моментов от местной нагрузки в элементах верхнего пояса стропильных и подстропильных ферм принимается равной 0,9 M в крайней панели и 0,8 M в средней панели, где M — наибольший изгибающий момент от расчетной нагрузки в разрезной балке соответствующего пролета.

§ 79. В случае появления сжимающих усилий в нижнем поясе полигональных стропильных ферм, жестко соединенных с колоннами, сечение пояса следует проверять на сжатие по формулам (3) и (4) § 73. Предельная гибкость сжатого элемента в этом случае может быть принята равной 150.

Необходимое уменьшение расчетной длины пояса в плоскости фермы рекомендуется производить путем подвески нижнего пояса к узлу верхнего пояса фермы.

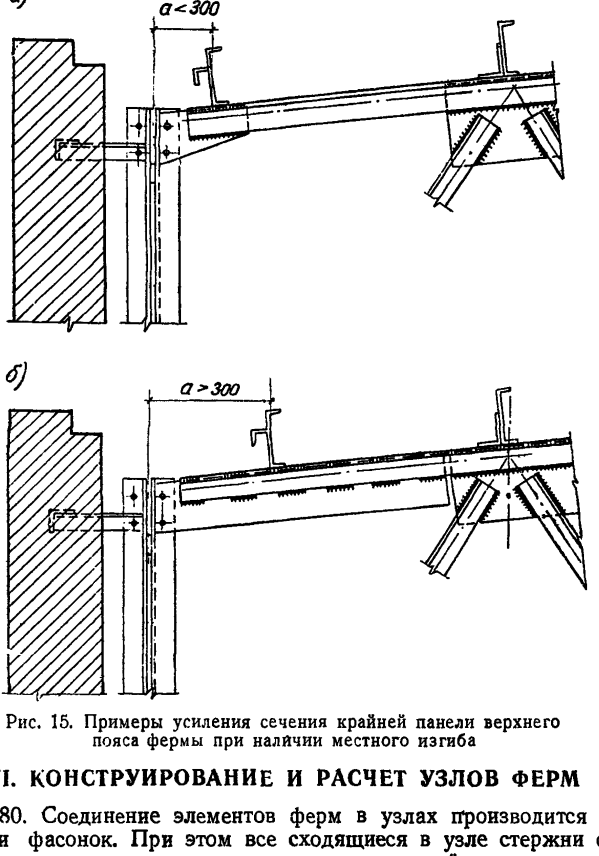


Рис. 15. Примеры усиления сечения крайней панели верхнего пояса фермы при наличии местного изгиба

VI. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УЗЛОВ ФЕРМ

§ 80. Соединение элементов ферм в узлах производится при помощи фасонок. При этом все сходящиеся в узле стержни следует центрировать на центр узла, отвечающий геометрической схеме. Центрировка стержней производится: в сварных конструкциях по центрам тяжести сечений (с округлением до 5 мм), в клепаных — по рискам уголков.

§ 81. При конструировании узлов ферм следует стремиться к простейшему очертанию фасонок и получению их наименьшим количеством резов; как правило, фасонки должны иметь прямоугольное очертание и, во всяком случае, две параллельных стороны.

§ 82. Толщину фасонок следует назначать в соответствии с наибольшей величиной передающихся через них усилий. Как правило, для всех узлов фермы принимается одна толщина фасонок. В фермах больших пролетов со значительными опорными реакциями разрешается толщину опорных фасонок принимать на 2 мм больше, чем остальных.

Рекомендуемые толщины фасонок ферм приведены в табл. 5.

Таблица 5

При максимальных усилиях в элемеитах решетки	до 15 т	15 — 35 т	свыше 35 т
Толщина фасонок в мм	8	10	12

Кромки фасонок в сварных фермах для возможности наложения швов следует, как правило, выпускать на 10—15 мм за обушки поясных уголков; в случае необходимости (например, при опирании прогонов кровли в узлах верхнего пояса ферм) разрешается не доводить фасонки до обушков поясных уголков (§ 98). В клепаных фермах фасонки не доводятся до обушков уголков на 5 мм.

§ 83. Обрез уголков решетки следует производить нормально к геометрической оси, учитывая на каждый конец стержня допуск ± 5 мм.

§ 84. В сварных фермах стержни привариваются к фасонкам фланговыми швами, располагаемыми по обушку и перу уголков. Швы, определяющие размеры фасонок, следует принимать сплошными; остальные швы могут быть как сплошными так и прерывистыми, в зависимости от величины усилий. При этом стержни решетки, как правило, привариваются только сплошными швами.

§ 85. Усилия, передаваемые со стержней ферм на фасонки, распределяются между швами по обушкам и перьям уголков обратно пропорционально расстояниям от этих швов до центра тяжести сечения.

При этом для разных случаев крепления уголков разрешается приближенно принимать распределение усилия N на обушки и перья уголков в соответствии с табл. 6.

Таблица 6

Распределение усилия N на швы при приварке уголков

Тип уголка	Схема крепления уголка	В долях усилия N	
		на обушки	на перья
Равнобокий		0,7 N	0,3 N
Неравнобокий		0,75 N	0,25 N
		0,65 N	0,35 N

§ 86. Расчет валиковых швов производится на срез по формуле (12), независимо от направления усилия:

$$\frac{N}{0{,}7 \times h_ш \times l_ш} < [\tau], \qquad (12)$$

где $h_ш$ — толщина валикового шва (по катету);
$l_ш$ — расчетная длина шва, равная проектной длине за вычетом 10 мм;
$[\tau]$ — допускаемое напряжение на срез для сварных швов в кг/см².

§ 87. Жесткое соединение фермы с колонной рекомендуется осуществлять по рис. 16.

При необходимости максимальной экономии листовой стали фасонки в опорных узлах верхнего и нижнего поясов ферм могут быть заменены обрезками крупных прокатных двутавров. Исключение составляют узлы крепления верхнего пояса ферм, в которых при расчете рамы предположено развитие пластических деформаций и где гибкая опорная планка толщиной 10—12 мм может быть заменена парными коротышами из уголков той же толщины.

Опорный раскос и нижний пояс фермы рекомендуется центрировать на грань колонны. Нижняя часть опорного узла не должна выступать за габарит приближения конструкций, установленный стандартами мостовых кранов.

§ 88. Толщину опорной планки, с помощью которой ферма присоединяется к колонне, следует определять по формуле (13):

$$\sigma = \frac{r}{2}\sqrt{\frac{3bH}{l_{пл}[\sigma]}}, \qquad (13)$$

где b — расстояние между вертикальными рядами болтов;
$l_{пл}$ — длина опорной планки;
H — усилие, растягивающее болты;
$[\sigma]$ — допускаемое напряжение на изгиб планки.

Толщина планки во всех случаях не должна быть менее 20 мм.

§ 89. Расчет на растяжение болтов, прикрепляющих опорный узел фермы в колонне, следует производить с учетом момента, возникающего в результате внецентренного (по отношению к центру болтового соединения) воздействия усилия H в нижнем поясе фермы (рис. 16).

При этом усилия в болтах разрешается определять, условно принимая за ось вращения опорной планки фермы линию «К» болтов, наиболее удаленных от точки приложения силы H.

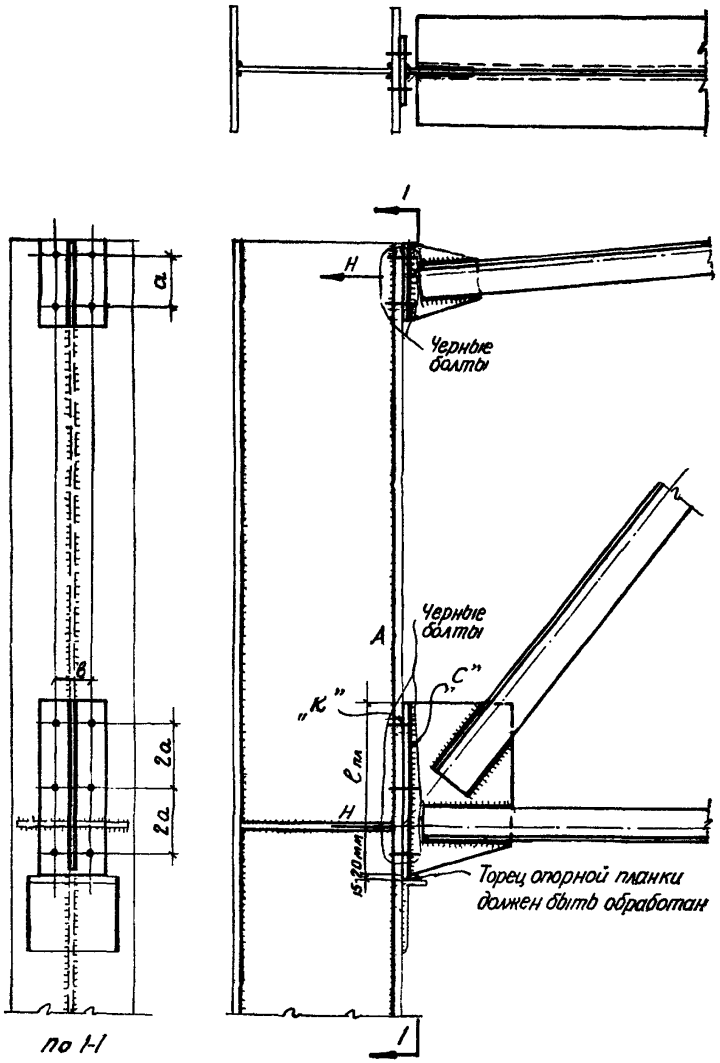


Рис. 16. Жесткое соединение фермы с колонной

Усилие N, приходящееся на пару наиболее нагруженных болтов (рис. 17), определяется по формуле.

$$N = \frac{H}{n} + \frac{Heh_1}{\Sigma h^2}, \qquad (14)$$

где n — количество пар болтов;
e — расстояние по вертикали между точкой приложения силы H и центром болтового соединения;
h_1 — расстояние между осями крайних болтов;
Σh^2 — сумма квадратов расстояний между осями болтов и осью вращения „К" (в данном случае $\Sigma h^2 = h^2_1 + h^2_2$).

§ 90. Сварные швы «с» (рис. 16), соединяющие нижнюю узловую фасонку фермы с опорной планкой, рассчитываются на равнодействующую вертикальной опорной реакции A в ферме, рассчитанной как простая балка, и горизонтального усилия H, возникающего в ферме как ригеле рамы по формуле:

$$\frac{A}{2 \cdot 0{,}7 \cdot h_ш \cdot l_ш} + \frac{6He_1}{2 \cdot 0{,}7 \cdot h_ш \cdot l^2_ш} < [\tau], \qquad (15)$$

где e_1 — расстояние по вертикали между точкой приложения силы H и серединой сварного шва.

§ 91. Соединение верхнего пояса фермы с колонной, как правило, следует осуществлять при помощи черных болтов, которые ставятся на той же риске, что и болты опорного узла нижнего пояса (рис. 16).

Толщину верхней опорной планки в многопролетных рамах в целях обеспечения возможности образования пластических шарниров следует назначать возможно меньшей (10—12 мм).

При этом сварные швы, соединяющие фасонку с опорной планкой и поясными уголками, в целях обеспечения большей их вязкости, следует выполнять качественными электродами (марки Э42).

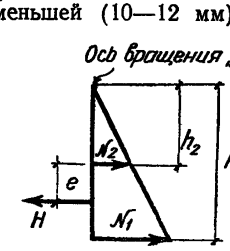


Рис. 17. Определение усилий в болтах от внецентренного воздействия горизонтального усилия H

При значительных усилиях в крайних панелях, требующих постановки большого количества болтов (свыше 6), соединение верхнего пояса фермы с колонной может осуществляться на заклепках или рифленых болтах путем наводки уголков пояса на стенку колонны; во избежание „вилки" уголки верхнего пояса можно крепить к стенке колонны при помощи съемных парных коротышей, являющихся продолжением пояса.

§ 92. Крепление стропильной фермы к колонне, состоящей из двух ветвей, соединенных планками, рекомендуется осуществлять

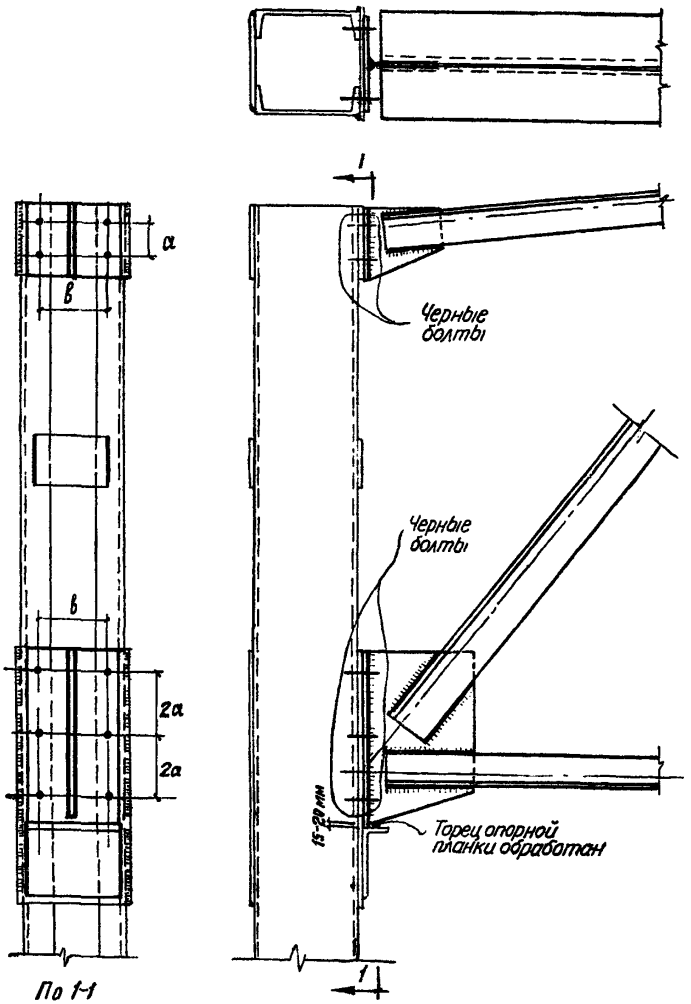


Рис. 18. Крепление стропильной фермы к колонне, состоящей из двух ветвей соединенных планками

по рис. 18. Увеличение расстояния «b» между вертикальными рядами болтов приводит к уменьшению жесткости всего соединения, расчет которого в этом случае следует вести в предположении свободного опирания фермы на колонну.

§ 93. Опирание стропильных ферм на железобетонные колонны в многопролетных зданиях рекомендуется проектировать по рис. 19а, б. В этом случае в целях уменьшения количества монтажных марок рекомендуется опирание ферм на крайние и средние колонны здания решать одинаково, выделяя опорную стойку, несущую прогон в ендове, в отдельную марку.

Опирание стропильных ферм в однопролетных зданиях может осуществляться по рис. 19а и 20, причем опирание по рис. 19а может быть рекомендовано лишь в случаях, когда этого требуют соображения унификации ферм однопролетных и многопролетных зданий.

В многопролетных зданиях центр опорного узла следует принимать на расстоянии 200—250 мм от разбивочной оси, что является необходимым по условиям размещения двух опорных узлов на колонне среднего ряда. Для ферм пролетом до 24 м включительно указанное расстояние рекомендуется принимать равным 200 мм.

§ 94. Толщину опорной плиты фермы рекомендуется назначать равной 20 мм. Размеры ее в плане определяются, главным образом, диаметром и расположением отверстий для анкерных болтов.

При обычных анкерных болтах ($d = 25—28$ мм) диаметр отверстий в опорной плите следует принимать равным 80 мм. Шайбы для анкерных болтов делаются прямоугольными с отверстием, смещенным относительно середины (рис. 19, 20) и привариваются к опорной плите после установки фермы.

Размер «е» (рис. 19, 20) из условия удобства сварки не должен быть менее ширины выступающей полки нижнего пояса. В целях стандартизации расстояние между отметкой верха колонны и обушками уголков нижнего пояса фермы рекомендуется принимать равным 150 мм.

§ 95. В случае, когда увеличение высоты здания, вызываемое устройством подферменной железобетонной консоли (рис. 19), является нежелательным, опирание стропильных ферм на колонну может быть осуществлено при помощи металлического оголовка (рис. 21). При этом решении создается возможность применения одинаковых конструкций покрытия в зданиях со стальными и железобетонными колоннами.

§ 96. Крепление стропильной фермы к подстропильной следует осуществлять в соответствии с § 109.

§ 97. Крепление фасонок к поясам ферм рассчитывается на равнодействующую усилий в элементах решетки примыкающих в данном узле.

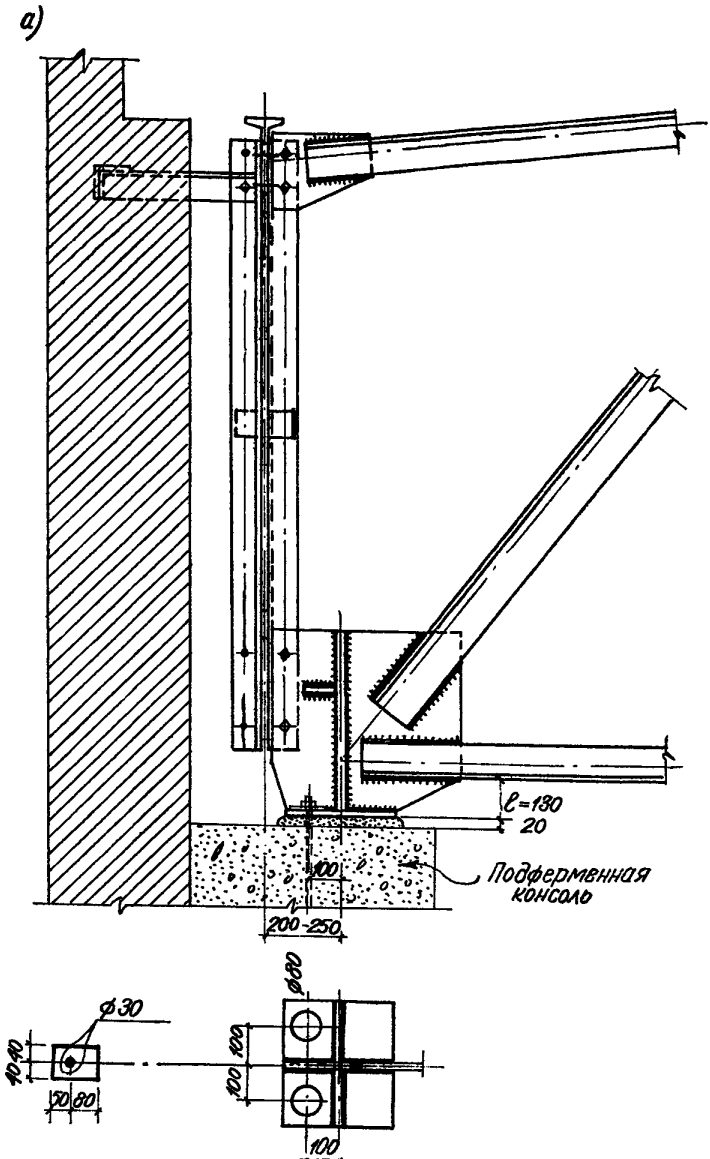


Рис. 19а. Опирание стропильных ферм на железобетонные колонны, унифицированное для крайней и средней опоры

б)

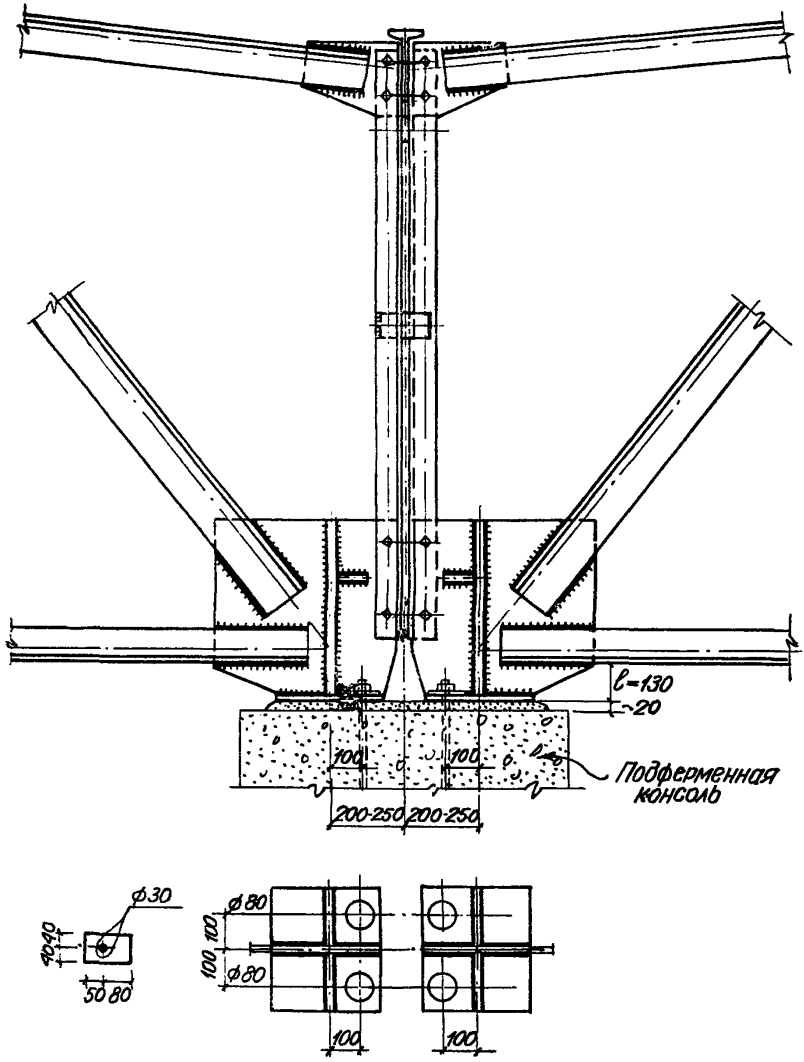


Рис. 19б. Опирание стропильных ферм на железобетонные колонны, унифицированное для крайней и средней опоры

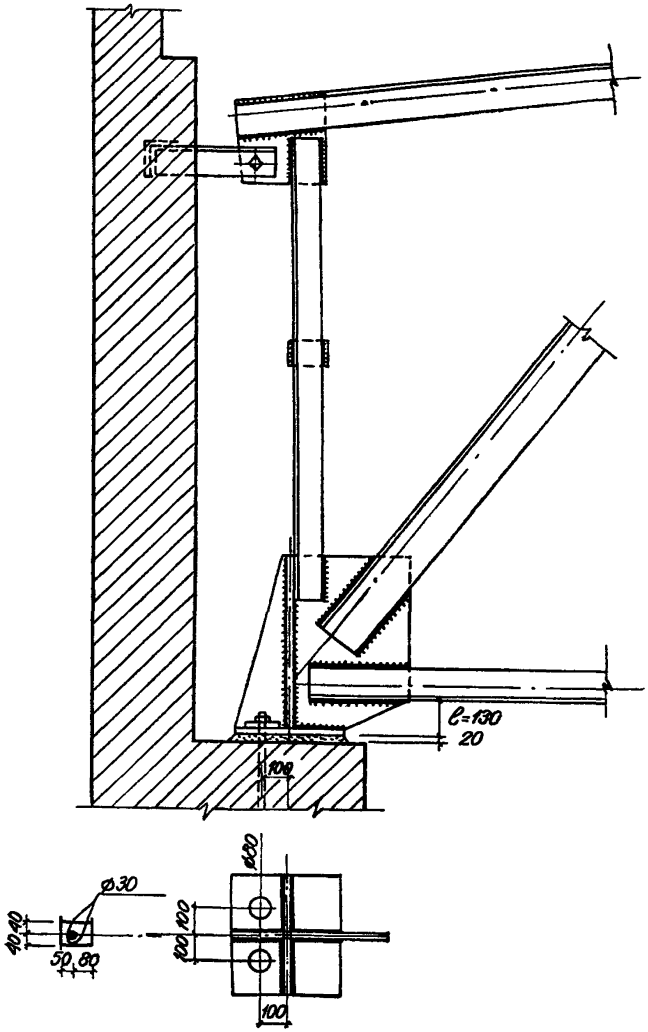


Рис. 20. Опирание стропильной фермы на железобетонную колонну в однопролетном здании

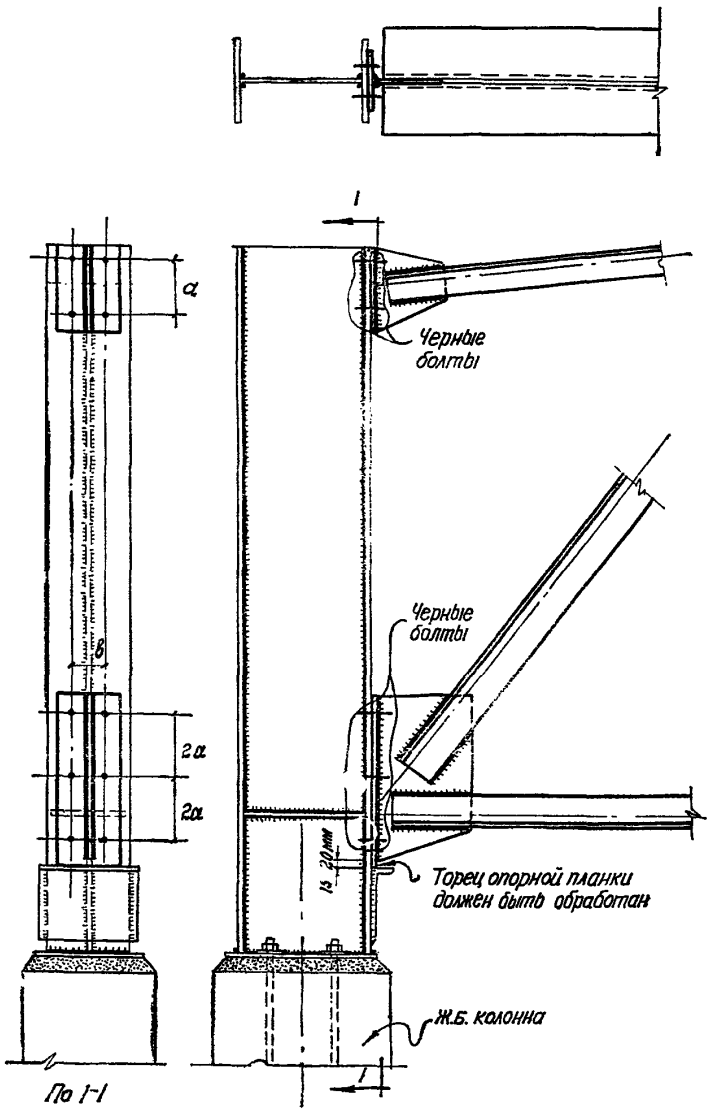


Рис. 21. Опирание стропильной фермы на железобетонную колонну при помощи металлического оголовка

При отсутствии в узле внешней силы и при условии, что пояс в этом узле не имеет перелома, указанная равнодействующая определяется как разность усилий в смежных панелях.

§ 98. Промежуточные узлы сварных стропильных ферм следует проектировать по рис. 22 и 23.

Крепление фасонок верхнего пояса, имеющих у обушков поясных уголков втопленный шов (при обычном опирании прогона с помощью коротыша), разрешается рассчитывать в предположении, что нагрузка от прогона воспринимается втопленным швом, а разность усилий ΔN в смежных панелях передается на швы у перьев уголков; расчет этих швов следует вести

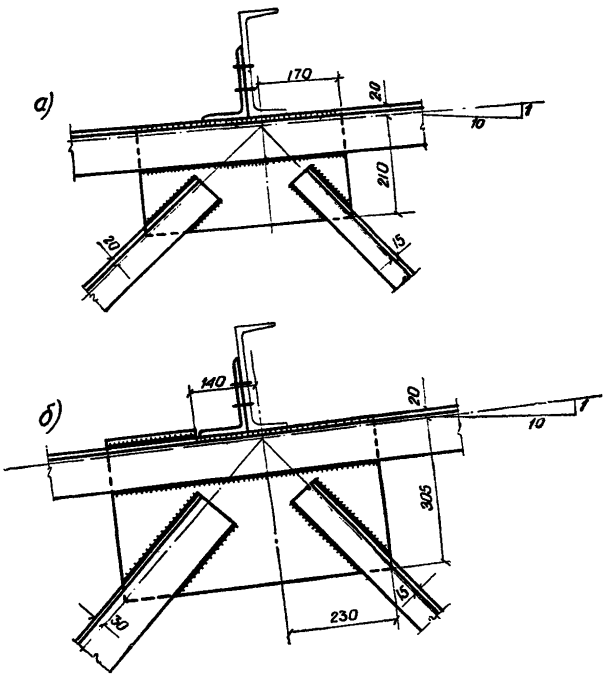


Рис. 22. Промежуточные узлы верхнего пояса сварной стропильной фермы

с учетом эксцентриситета, т. е. на силу ΔN и момент $M = \Delta Nc$, где c — расстояние от пера уголка до центра тяжести сечения.

Суммарное напряжение в крайних точках шва определяется по формуле:

$$\sqrt{\tau^2_N + \tau^2_M} < [\tau] \qquad (16)$$

Здесь $\tau_N = \frac{\Delta N}{2 \times 0{,}7 \times h_ш \times l_ш}$ — напряжение в двустороинем шве от среза силой ΔN;

$\tau_M = \frac{M \times 6}{2 \times 0{,}7 \times h_ш \times l^2_ш}$ — напряжение в том же шве от среза, вызванного моментом M.

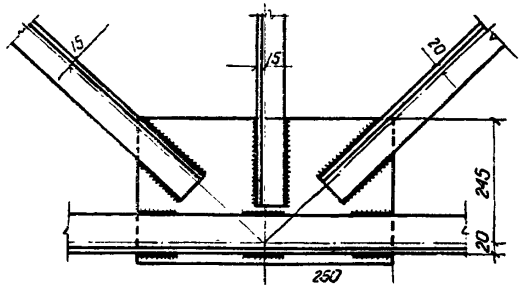


Рис. 23. Промежуточный узел нижнего пояса сварной стропильной фермы

В узлах со значительной разностью усилий в смежных панелях, как например, во втором от опоры узле полигональной стропильной фермы, шов у пера может оказаться недостаточным; в этих случаях разрешается выпуск фасонки кверху с частичным вырезом ее (рис. 22б).

§ 99. Промежуточные узлы клепаных стропильных ферм рекомендуется проектировать по рис. 24 и 25. Крепление элементов решетки при помощи коротыша (рис. 24б) разрешается осуществлять лишь в тех случаях, когда размеры узловой фасонки получаются чрезмерно большими. При этом число заклепок, прикрепляющих одну из полок коротыша, увеличивается против расчета на 50%.

§ 100. Стыки верхнего и нижнего поясов ферм, как правило, располагаются посередине пролета и перекрываются парными накладками из уголков.

Примеры решения стыков верхнего и нижнего поясов с накладками даны на рис. 26—28:

на рис. 26, 27 — стыки сварных ферм;

на рис. 28 — стыки клепаных ферм.

Стыки, изображенные на рис. 26 и 27, могут быть как заводскими, так и монтажными. В первом случае все сварные швы выполняются на заводе; во втором случае на заводе выполняется лишь часть швов, другая часть швов (см. условные обозначения на чертеже) выполняется на площадке при укрупнительной сборке. При этом, во избежание двойной вилки стыковые

уголки и узловую фасонку не следует присоединять к одной отправочной марке.

В укрупнительных стыках ферм рекомендуется предусматривать в горизонтальных полках уголков отверстия для сборочных болтов.

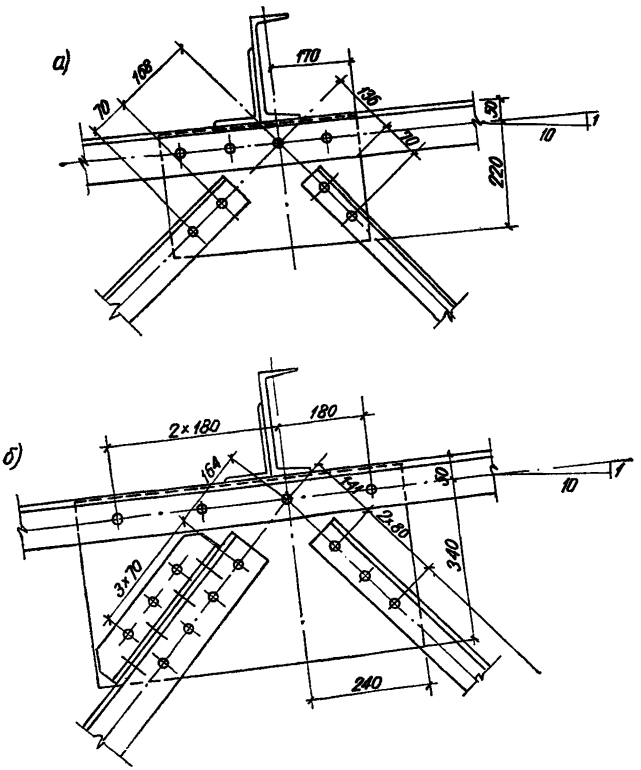


Рис. 24. Промежуточные узлы верхнего пояса клепаной стропильной фермы

Стыковые уголки, как правило, следует принимать такого же профиля, как стыкуемые поясные уголки. При этом подрезка вертикальных полок стыковых уголков в сварных фермах (деталь на рис. 26а) компенсируется площадью узловой фасонки или прокладки.

В этих условиях проверки напряжений в элементах стыка не требуется.

Расчет сварных швов, прикрепляющих уголковые накладки, производится: в сжатом поясе по усилию, в растянутом — по площади; при этом расчетная длина шва на половине стыковой накладки определяется по формуле:

$$\frac{N}{4 \times 0{,}7 \times h_ш \times l_ш} < [\tau]. \qquad (17)$$

Швы, соединяющие узловую фасонку с поясом, рассчитываются условно на передачу 15% от усилия в поясе.

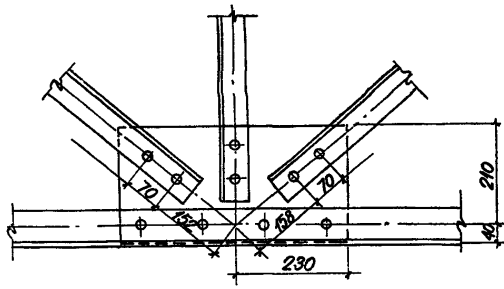


Рис. 25. Промежуточный узел нижнего пояса клепаной стропильной фермы

В сварных стыках из уголков крупного профиля (с шириной полок 130 мм и более) в целях более равномерной передачи усилий рекомендуется применять накладки со скошенными полками (рис. 27).

Разбивку отверстий в стыках клепаных ферм (рис. 28) следует производить таким образом, чтобы сечение каждого уголка ослаблялось не более чем 1,5 отверстиями при однорядных и не более чем двумя отверстиями при двухрядных уголках (с учетом зигзага). Это достигается сбивкой на полшага отверстий в вертикальной и горизонтальной полках уголков.

§ 101. Соединение элементов фонаря с фермой осуществляется на черных болтах и производится, как правило, при укрупнительной сборке (рис. 29 и 30).

В случае раздельного монтажа фонарей и ферм коньковый узел фермы может осуществляться с помощью столика по рис. 31. При этом стык верхнего пояса фермы решается без специальных накладок, а сечение поясов компенсируется сечением фасонки

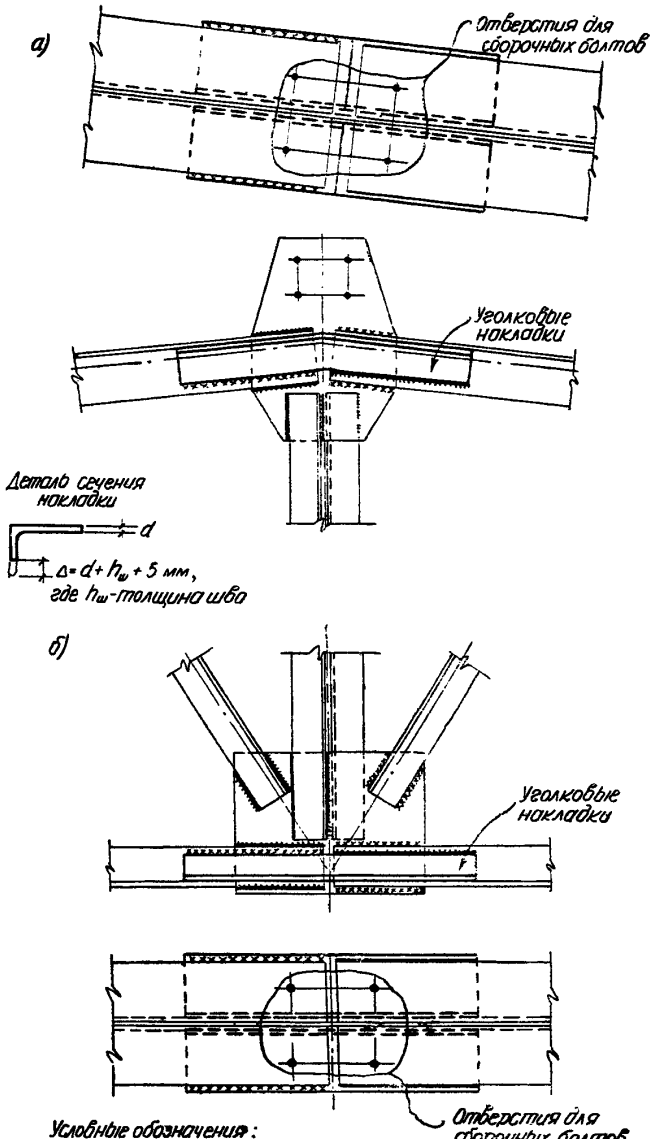


Рис. 26. Примеры решения стыков поясов сварных ферм: а) стык верхнего пояса; б) стык нижнего пояса.

с приваренной к ней горизонтальной планкой; проверку сечения такой тавровой фасонки следует вести с учетом эксцентриситета усилия в поясе относительно центра тяжести фасонки.

В этом случае крепление крайней ноги фонаря также может решаться при помощи планки, приваренной к узловой фасонке фонаря (рис. 32).

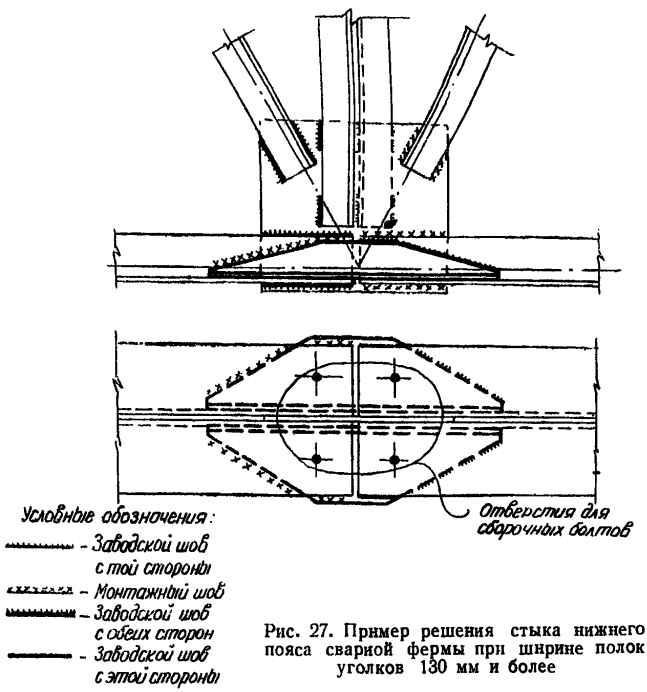


Рис. 27. Пример решения стыка нижнего пояса сварной фермы при ширине полок уголков 130 мм и более

§ 102. Конструкцию конькового и опорного узлов треугольных ферм рекомендуется осуществлять в соответствии с примерами, приведенными на рис. 33 и 34.

§ 103. Конструкцию узлов нижнего пояса ферм в местах подвески монорельсов для подвесного подъемно-транспортного оборудования рекомендуется осуществлять в соответствии с примерами, приведенными на рис. 35 и 36.

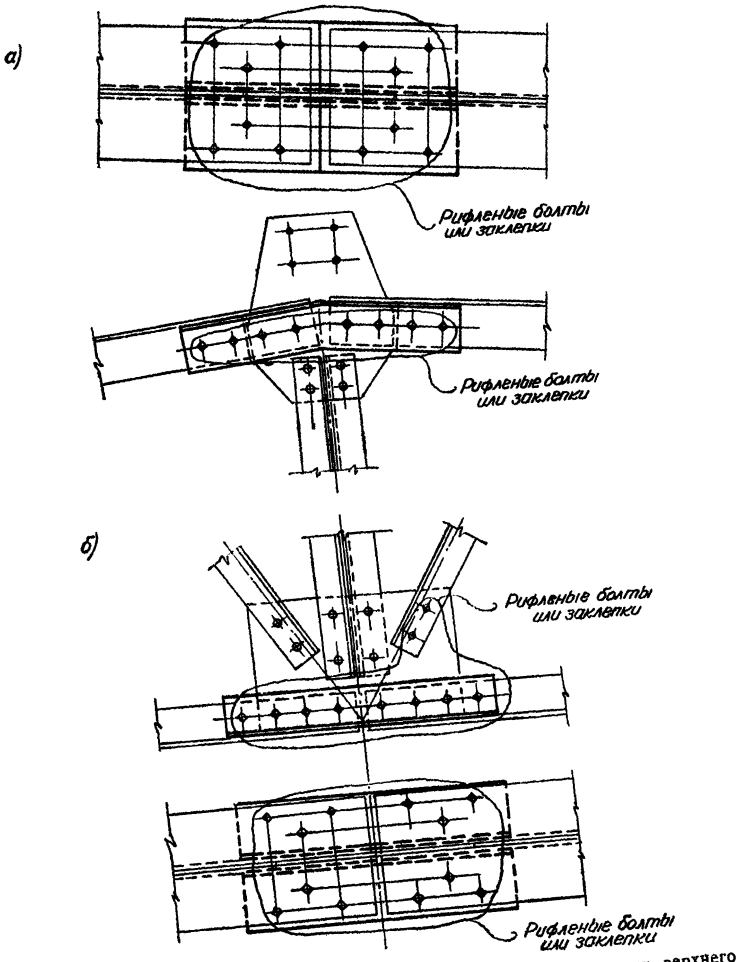


Рис. 28. Примеры решения стыков поясов клепаных ферм: а) стык верхнего пояса; б) стык нижнего пояса

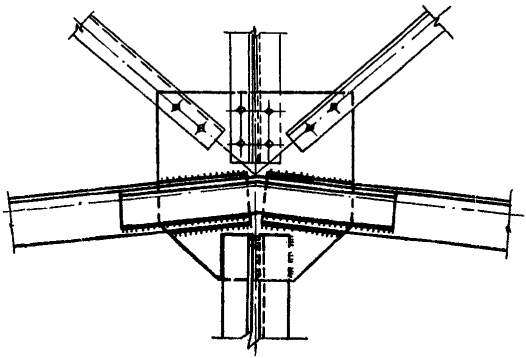


Рис. 29. Крепление фонаря в коньковом узле фермы с помощью выпущенной кверху фасонки

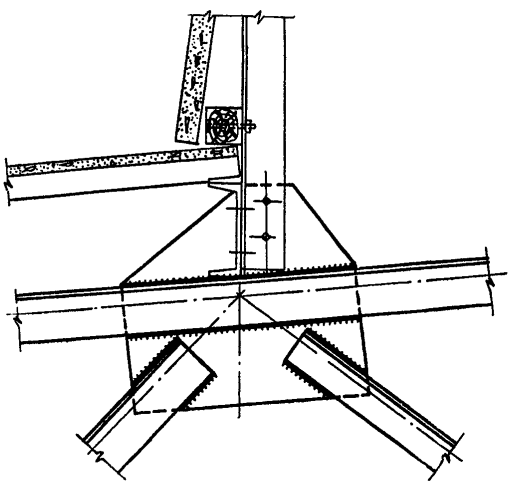
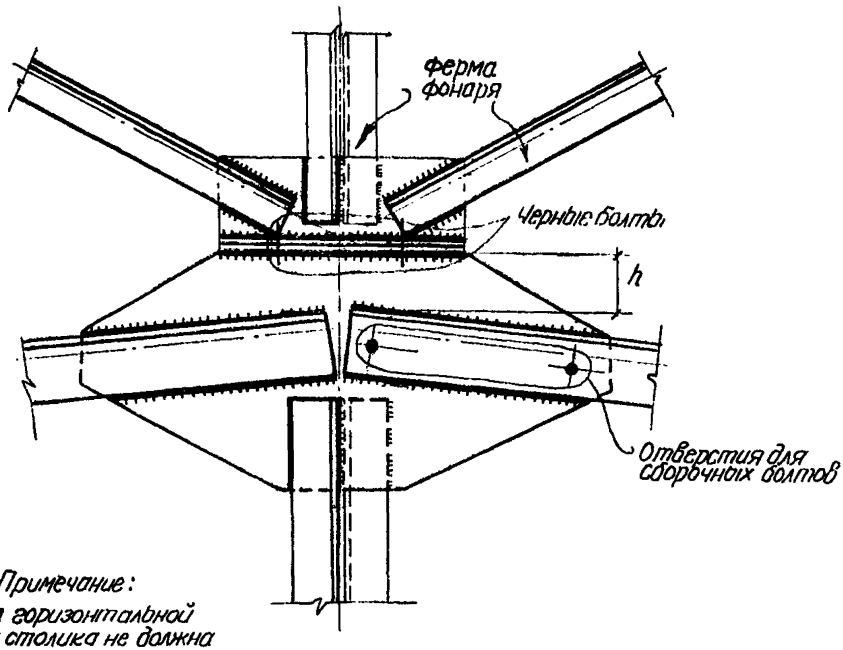


Рис. 30. Крепление ноги фонаря к фасонке фермы



Примечание:
Ширина горизонтальной планки столика не должна превышать 2h

Рис. 31. Крепление фонаря в коньковом узле фермы с помощью столика

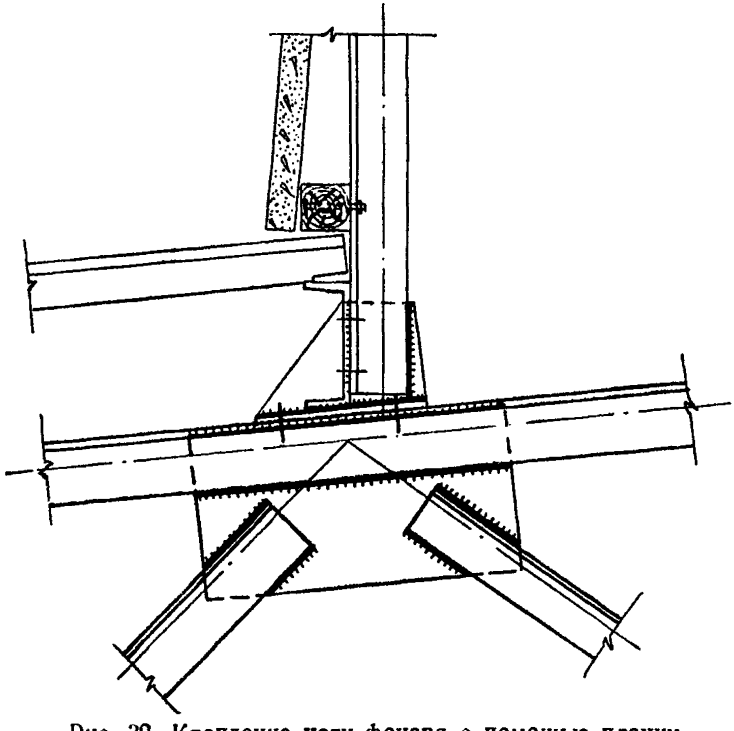


Рис. 32. Крепление ноги фонаря с помощью планки

VII. ПОДСТРОПИЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

§ 104. Опирание подстропильных ферм на колонны следует проектировать шарнирным.

§ 105. Решетку подстропильных ферм рекомендуется принимать треугольную с дополнительными стойками. При этом

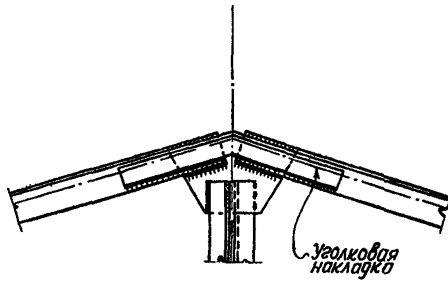


Рис. 33. Пример конструкции конькового узла треугольной фермы

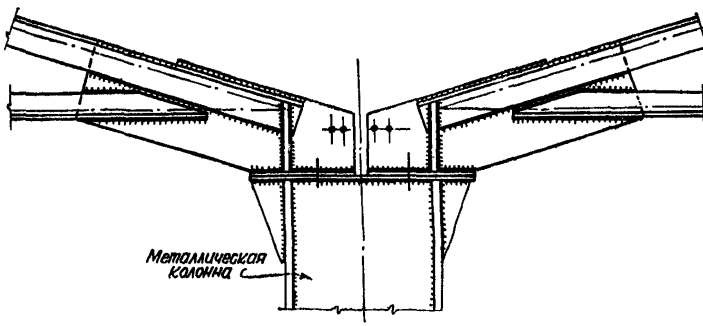


Рис. 34. Пример конструкции опорного узла треугольной фермы

опорный раскос следует назначать: нисходящим — в зданиях со стальным каркасом (рис. 37) и восходящим — в зданиях со смешанным каркасом (рис. 38). Если для опирания ферм на железобетонные колонны предусматривается металлический оголовок, то схему подстропильных ферм следует назначать с нисходящим опорным раскосом, т. е. такой же, как в зданиях с цельностальным каркасом.

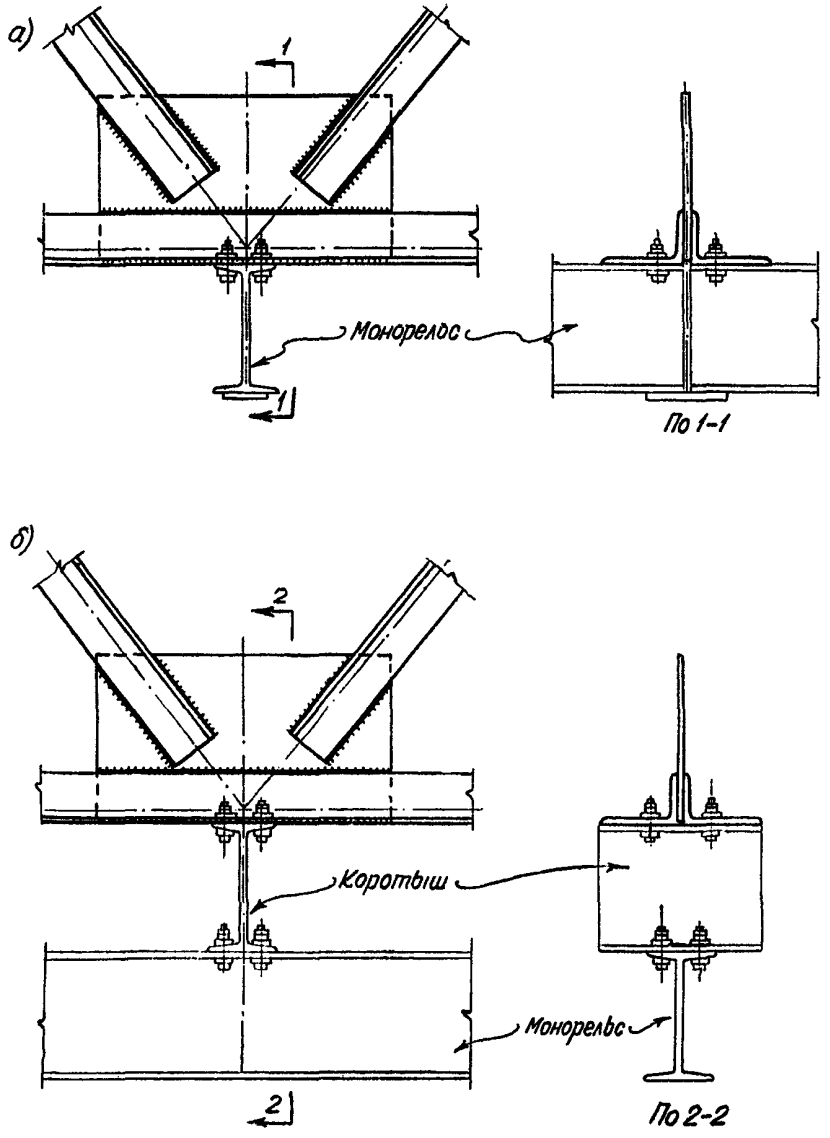


Рис. 35. Пример конструкции узла горизонтального нижнего пояса в месте подвески монорельса: а) продольного; б) поперечного

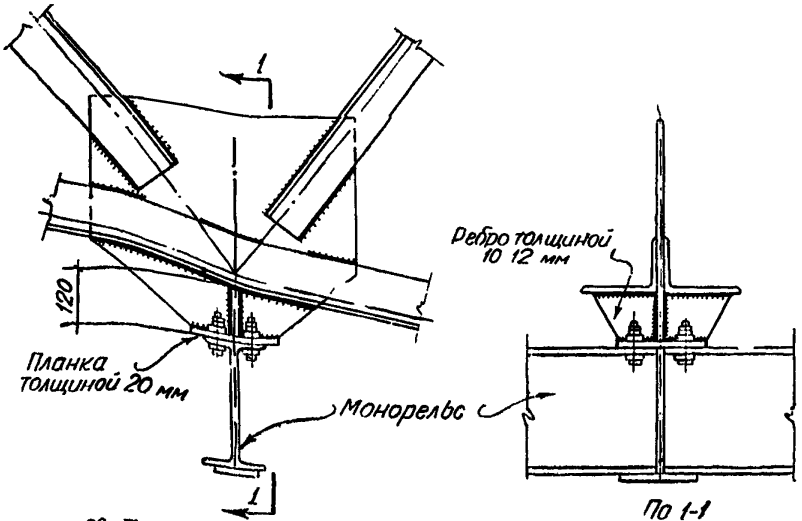


Рис. 36. Пример конструкции узла наклонного нижнего пояса в мест подвески продольного монорельса

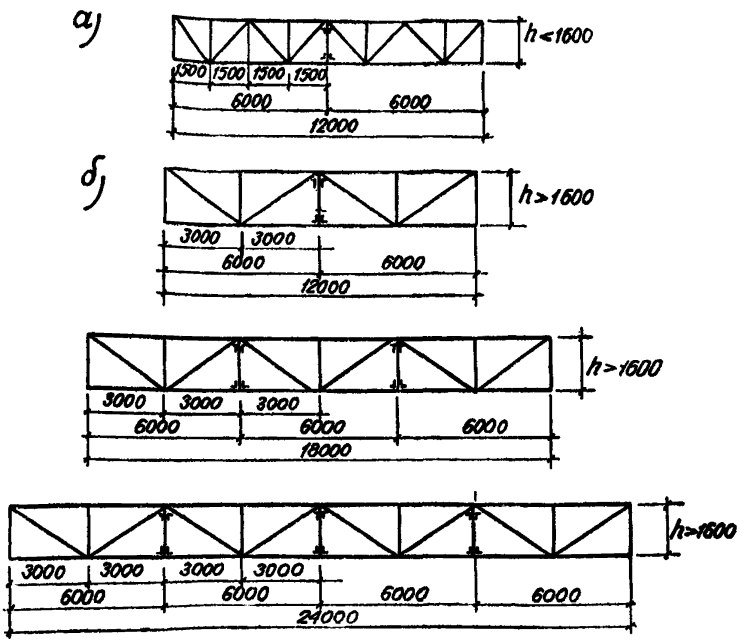


Рис. 37. Примеры разбивки решетки подстропильных ферм в зданиях со стальным каркасом

Раскосы подстропильных ферм в местах примыкания стропильных ферм в целях обеспечения удобства монтажа должны пересекаться на верхнем поясе (рис. 37 и 38). При стропильных

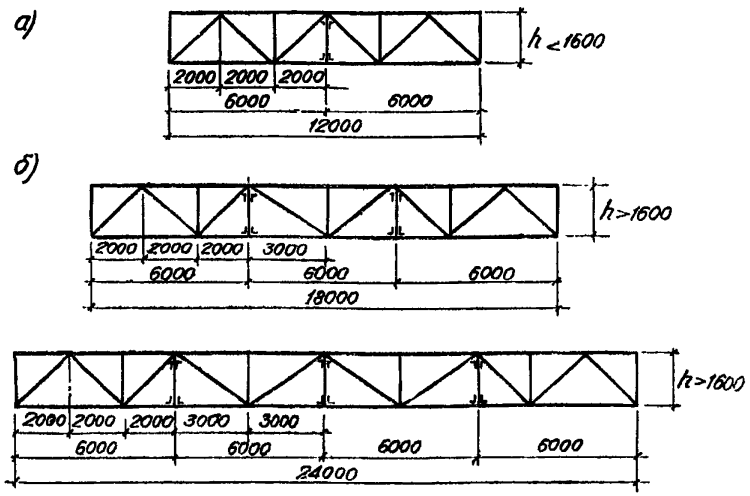


Рис. 38. Примеры разбивки решетки подстропильных ферм в зданиях со смешанным каркасом

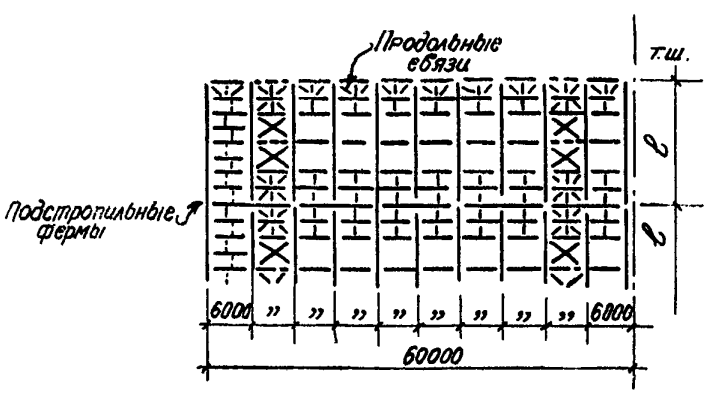


Рис. 39. Схема продольных связей по верхним поясам ферм в покрытии с подстропильными фермами (в зданиях со смешанным каркасом)

фермах с нисходящими опорными раскосами раскосы подстропильных ферм в местах примыкания стропильных должны пересекаться на нижнем поясе.

§ 106. Высоту подстропильных ферм, располагаемых в одном уровне со стропильными, следует назначать в соответствии с высотой опорной стойки стропильных ферм (§ 109).

В случае установки стропильной фермы на подстропильную сверху (например, при треугольных стропильных фермах) высота подстропильной фермы может быть выбрана по соображениям наименьшего веса, т. е. равной, примерно, $^1/_6$ пролета.

§ 107. В подстропильных фермах малой высоты ($h < 1{,}6$ м) длину панели верхнего пояса рекомендуется назначать равной 1,5 м при нисходящих (рис. 37а) и 2 м при восходящих опорных раскосах (рис. 38а).

В подстропильных фермах большой высоты ($h > 1{,}6$ м) наиболее целесообразной является длина панели 3 м (рис. 37б и 38б); при этом на участках подстропильных ферм, соседних с опорой, в случае восходящих опорных раскосов рекомендуется предусматривать три панели по 2 м (рис. 38б).

§ 108. Расчетную длину верхнего пояса подстропильных ферм следует принимать равной расстоянию между примыкающими стропильными фермами.

Устойчивость верхнего пояса подстропильных ферм обеспечивается:

а) в зданиях со стальным каркасом — продольными связевыми фермами по нижним поясам ферм, устанавливаемыми вдоль крайних рядов колонн (§§ 117, 118);

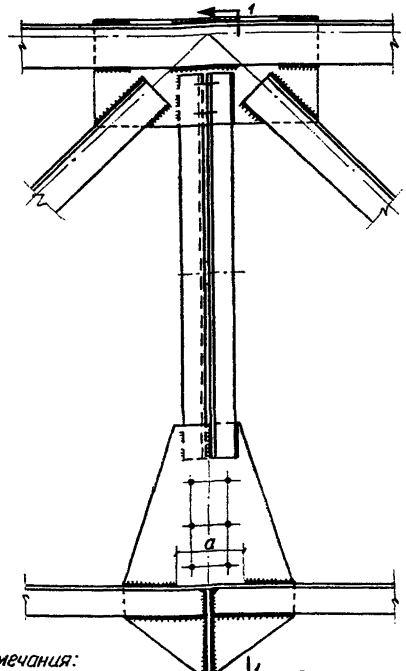
б) в зданиях со смешанным каркасом — продольными связями по верхним поясам ферм, образованными по наружным рядам колонн двумя крайними прогонами, соединенными решеткой (рис. 39).

Развязка верхнего пояса подстропильных ферм кровельными плитами в случае укладки их непосредственно на пояс не учитывается.

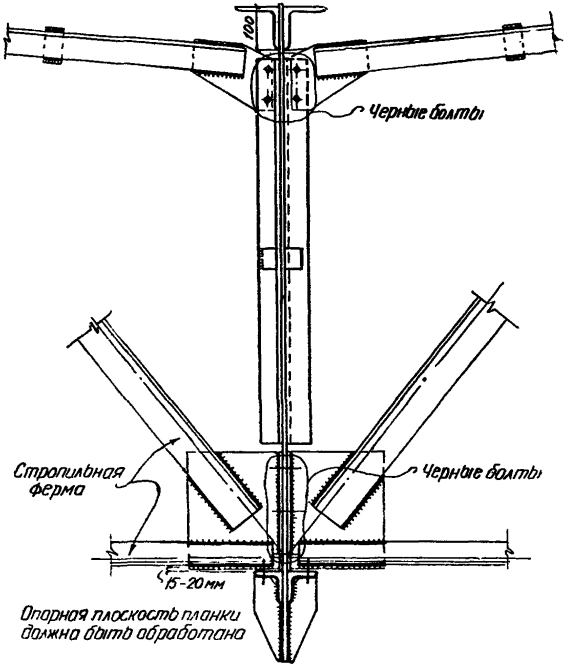
§ 109. Крепление полигональных стропильных ферм к подстропильным рекомендуется осуществлять на черных болтах с передачей вертикального давления на столик (рис. 40). В этом случае независимость установки смежных стропильных ферм обеспечивается предварительным закреплением ранее устанавливаемой стропильной фермы к горизонтальной полке нижнего пояса подстропильной.

При этом взаимное расположение верхних и нижних поясов ферм рекомендуется следующее (рис. 40): верхний пояс подстропильной фермы располагается выше верхнего пояса стропильной фермы на 100 мм; нижний пояс подстропильной фермы располагается непосредственно под нижним поясом стропильной фермы, причем уголки пояса подстропильной фермы переворачиваются вверх обушками для образования столика.

В случаях, когда выступающая книзу часть среднего узла подстропильной фермы (рис. 40) препятствует движению подвес-



Примечания:
а - ширина опорного элемента стропильной фермы + 50 мм



По 1-1

Рис. 40. Крепление полигональной стропильной фермы к подстропильной с передачей вертикального давления на столик

ного подъемно-транспортного оборудования поперек здания, крепление стропильной фермы к подстропильной рекомендуется осуществлять на рифленых болтах или заклепках (рис. 41) с расположением нижних поясов ферм на одном уровне.

Такое же крепление следует применять для зданий с тяжелым режимом работы, в которых применение черных болтов в монтажных креплениях ферм не допускается (§ 24).

§ 110. Крепление подстропильных ферм к колонне следует проектировать на черных болтах с применением столика, воспринимающего вертикальное давление (рис. 42). Возможность иезависимой поочередной установки смежных подстропильных ферм обеспечивается устройством отдельной опоры (столика) для каждой из них с предварительным закреплением ранее устанавливаемой фермы к горизонтальной полке монтажного уголка «б».

Опорный раскос подстропильной фермы следует центрировать на ось колонны.

Толщина опорной планки, присоединяющей ферму к колонне, не должна быть менее 20 мм; при значительных давлениях сечение ее должно проверяться на смятие торца.

Болты, прикрепляющие подстропильную ферму к колонне, ставятся по конструктивным соображениям. Сварные швы «с», прикрепляющие фасонку опорного узла к опорной планке, рассчитываются на срез от вертикальной опорной реакции.

Соединение нижнего пояса с колонной производится с помощью горизонтальной планки.

§ 111. Крепление подстропильных ферм к железобетонным колоннам рекомендуется осуществлять путем непосредственного опирания подстропильной фермы на верх колонны (рис. 43); конструкция опорного узла в этом случае решается аналогично опиранию стропильной фермы; восходящий опорный раскос и нижний пояс центрируются на расстоянии 200—250 мм от оси колонны, которое является необходимым для нормального развития опорной плиты и узловой фасонки. На рис. 44 дан вариант опирания подстропильной фермы на металлический оголовок двутаврового сечения.

VIII. СВЯЗИ МЕЖДУ ФЕРМАМИ

§ 112. В целях обеспечения пространственной жесткости каркаса, а также устойчивости покрытия в целом и его элементов в отдельности необходимо предусматривать систему связей, располагаемых:

а) в плоскости верхних поясов ферм (поперечные связи и продольные элементы между ними);

б) в плоскости нижних поясов ферм (поперечные связи, продольные связи и распорки);

в) в вертикальных плоскостях между фермами (вертикальные связи).

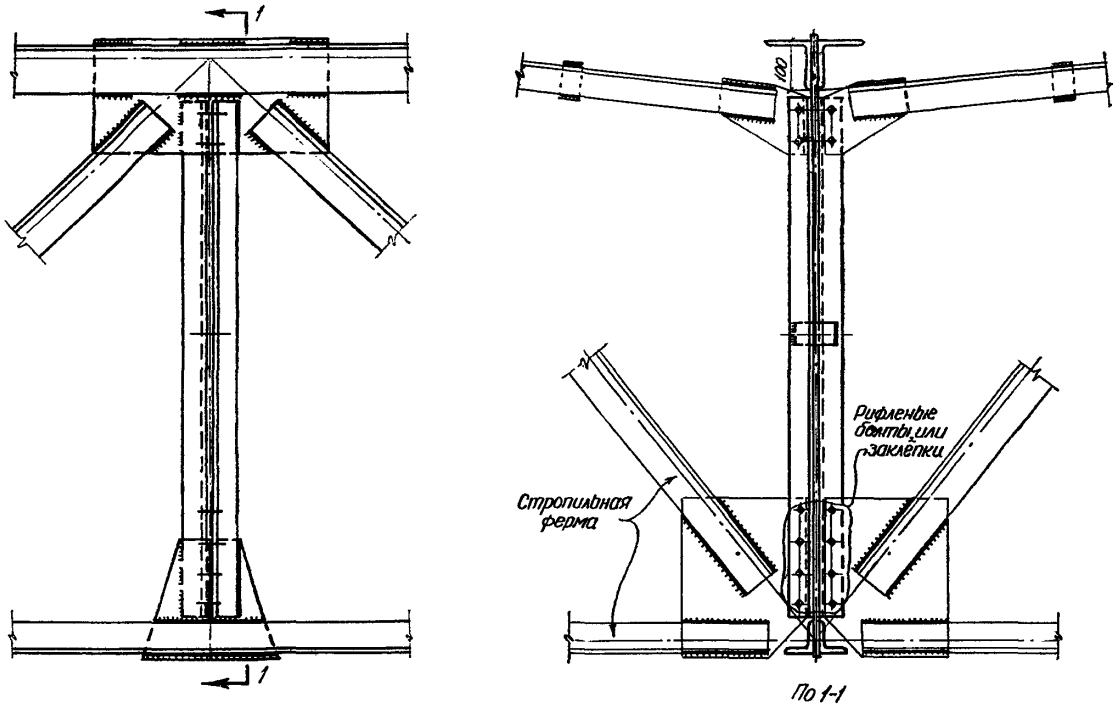


Рис. 41. Крепление полигональной стропильной фермы к подстропильной на рифленых болтах или заклепках

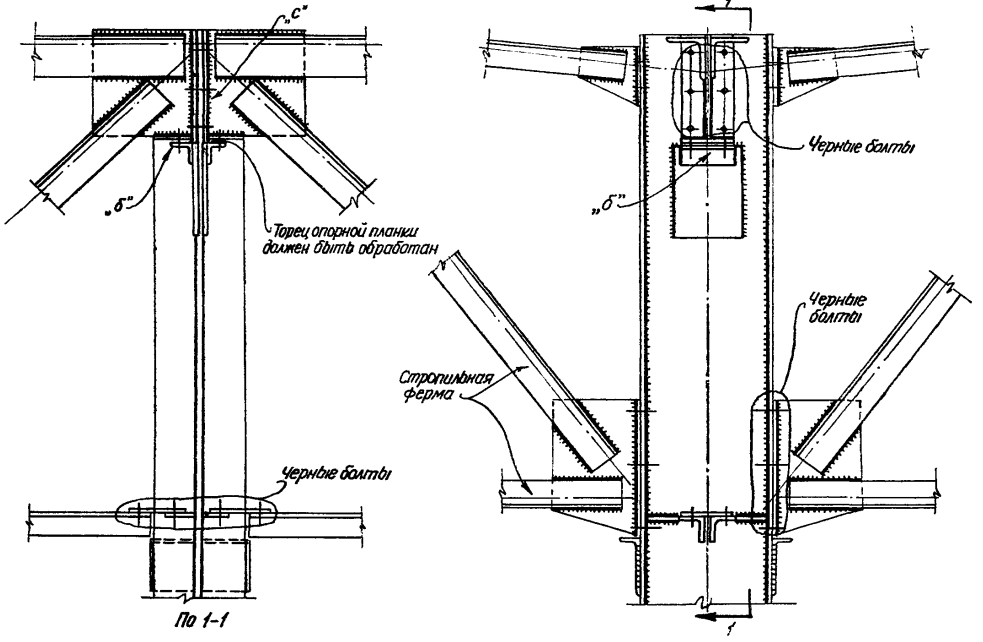


Рис. 42. Крепление подстропильной фермы к стальной колонне

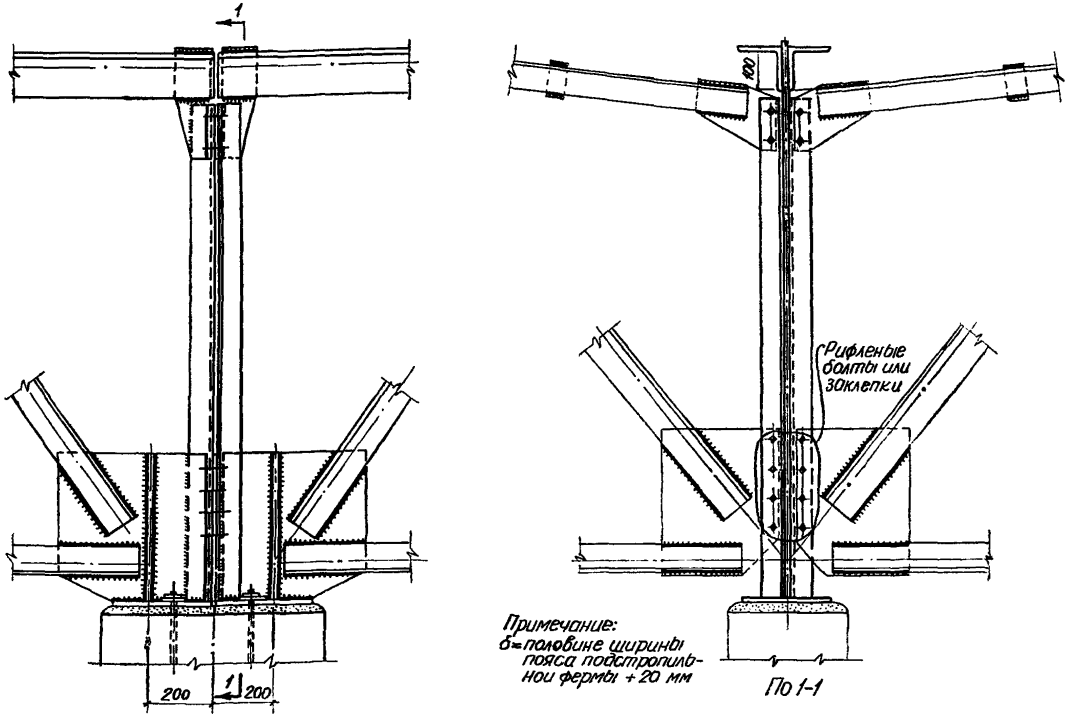
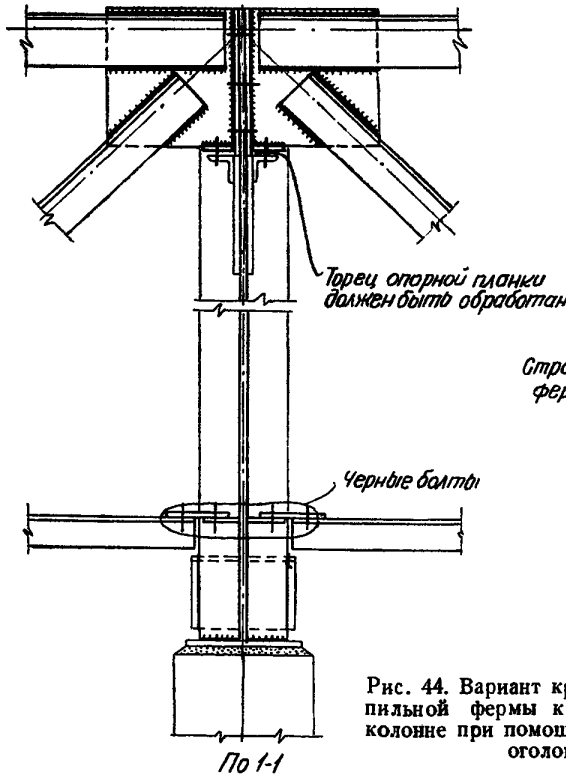


Рис. 43. Крепление подстропильной фермы к железобетонной колонне



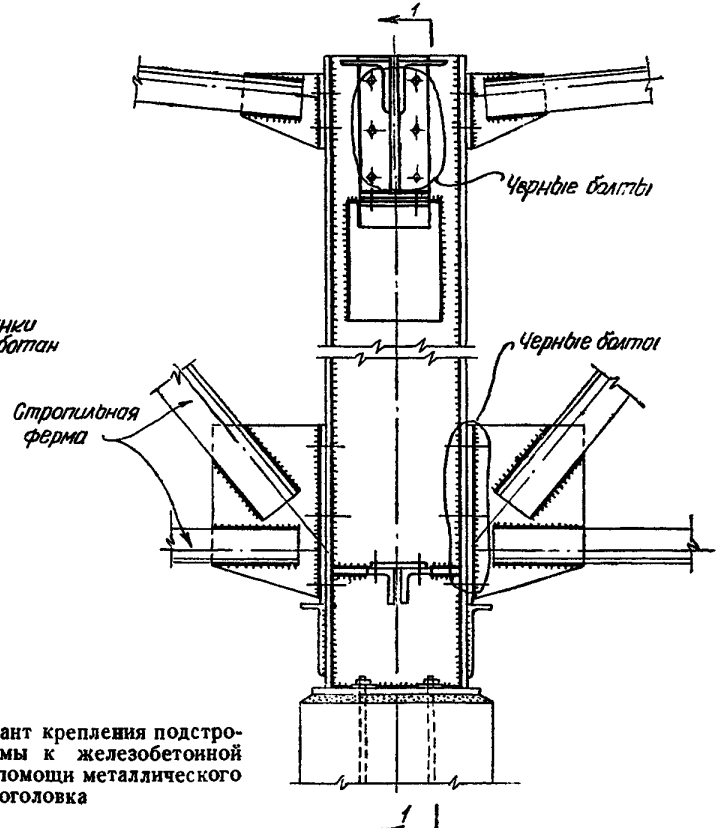


Рис. 44. Вариант крепления подстропильной фермы к железобетонной колонне при помощи металлического оголовка

§ 113. Поперечные связи (связевые фермы) образуются поясами двух смежных стропильных ферм и расположенной между ними решеткой связей.

В зданиях со смешанным каркасом, где длина температурного отсека не должна превышать 60 м, поперечные связевые фермы следует предусматривать в конце каждого температурного отсека, т. е. в торцах здания и с обеих сторон температурных швов.

В зданиях с цельностальным каркасом, где длина температурного отсека может достигать 120—150 м, следует назначать кроме того промежуточные связевые фермы на расстояниях, не превышающих 60 м по длине здания (рис. 45).

Поперечные связи при уменьшенном шаге колонн у температурных швов следует относить от температурного шва на один шаг (рис. 45).

Поперечные связи по верхним и нижним поясам стропильных ферм рекомендуется совмещать в плане; однако, в случаях, когда фонарь не доводится до торцов здания, поперечные связи по верхним поясам ферм рекомендуется располагать у торца фонаря (под фонарем), в то время как поперечные связи по нижним поясам ферм (из условия восприятия ветровой нагрузки на торец здания) остаются у торца здания.

В случае отсутствия стропильной фермы у торца здания и опирания прогонов на стену поперечные связи располагаются между первыми двумя фермами, причем давление ветра на торцовую стену передается на связи через специальные распорки.

§ 114. Поперечные связи по верхним поясам стропильных ферм, обеспечивающие боковую устойчивость этих поясов, как правило, следует предусматривать в покрытиях любого одноэтажного промышленного здания.

Боковая устойчивость верхних поясов стропильных ферм, расположенных в промежутках между двумя поперечными связевыми фермами, обеспечивается прогонами, закрепленными за узлы связевых ферм, а на участках под фонарями — специальными растяжками из уголков (рис. 45а).

§ 115. Связи, располагаемые в плоскости нижних поясов ферм, имеют назначение:

а) уменьшить деформацию продольного ряда колонн (путем распределения боковых сосредоточенных воздействий на соседние колонны данного ряда);
б) служить верхней опорой стоек каркаса стен, воспринимающих горизонтальную ветровую нагрузку;
в) воспринимать тормозные усилия, возникающие при работе подвесного подъемно-транспортного оборудования;
г) обеспечить боковую развязку нижнего пояса стропильных ферм при наличии в нем сжимающих усилий;

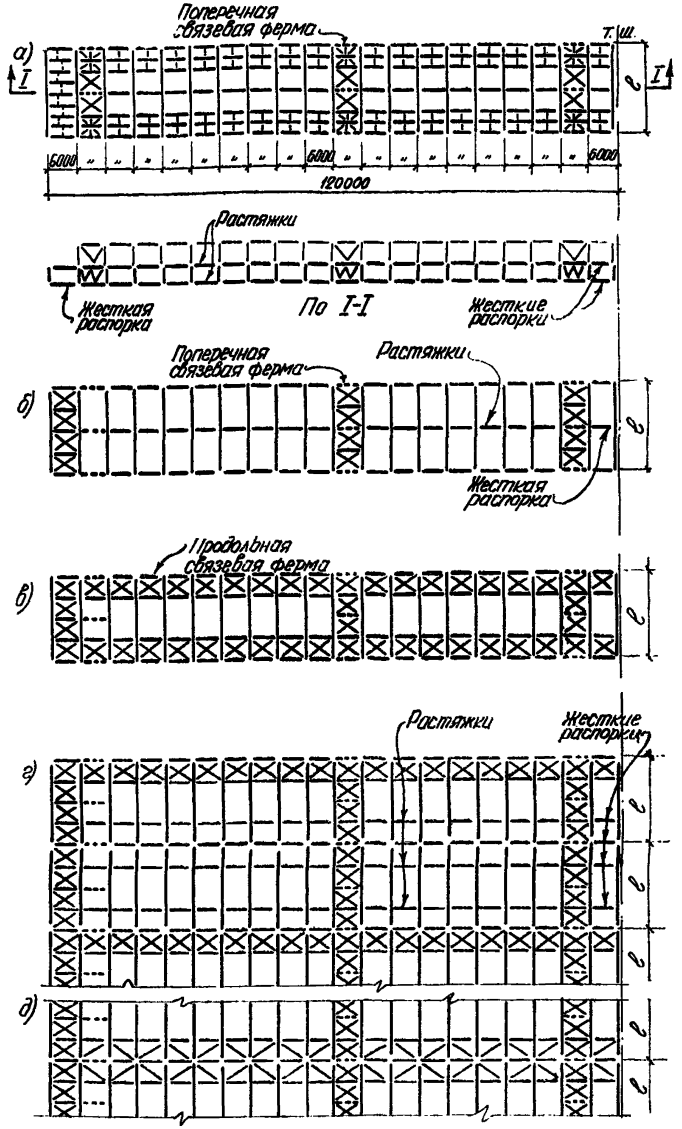


Рис. 45. Примеры разбивки связей покрытия в зданиях со стальным каркасом

д) обеспечить устойчивость верхнего пояса подстропильных ферм;

е) обеспечить пространственную неизменяемость конструкций каркаса здания в плане.

§ 116. Поперечные связи по нижним поясам стропильных ферм рекомендуется предусматривать:

1) в зданиях без кранов или с мостовыми кранами грузоподъемностью до 5 т включительно только у торцов здания;

2) в зданиях с подвесным транспортным оборудованием, а также с мостовыми кранами большей грузоподъемности в соответствии с указаниями § 113 (рис. 45б—д).

В первом случае необходимая боковая жесткость нижних поясов ферм ($\lambda \leqslant 400$) обеспечивается при помощи специальных растяжек из уголков, закрепленных через вертикальные связи к узлам поперечных связевых ферм по верхним поясам.

§ 117. Продольные связи, располагаемые в крайних панелях нижнего пояса стропильных ферм и образующие совместно с поперечными связями жесткий неизменяемый контур в плоскости нижних поясов ферм, рекомендуется предусматривать в зданиях с цельностальным каркасом:

а) при наличии мостовых кранов грузоподъемностью 10 т и более;

б) в зданиях с подстропильными фермами.

В зданиях со смешанным каркасом постановка продольных связей в плоскости нижних поясов стропильных ферм не требуется.

§ 118. В однопролетных зданиях продольные связи следует располагать вдоль обоих рядов колонн (рис. 46а).

В многопролетных зданиях с кранами грузоподъемностью до 50 т включительно легкого и среднего режимов работы продольные связи рекомендуется располагать вдоль крайних рядов колонн и через один ряд вдоль средних (рис. 46б, в, г, д).

В зданиях с кранами большей грузоподъемности, тяжелого режима работы, а также в зданиях со специальными кранами следует, как правило, назначать более частое расположение продольных связевых ферм в зависимости от числа и величины пролетов, а также от грузоподъемности и режима работы кранов.

В зданиях с подстропильными фермами независимо от наличия и типа кранового оборудования обязательна постановка продольных связей вдоль наружных рядов колонн.

Для зданий с перепадами высот указания данного параграфа о расположении продольных связей следует относить к каждому участку с пролетами одной высоты (рис. 47).

§ 119. Продольные связи вдоль средних рядов колонн при одинаковой высоте смежных пролетов рекомендуется проектировать такими же, как и вдоль крайних рядов колонн, располагая их с одной стороны ряда колонн.

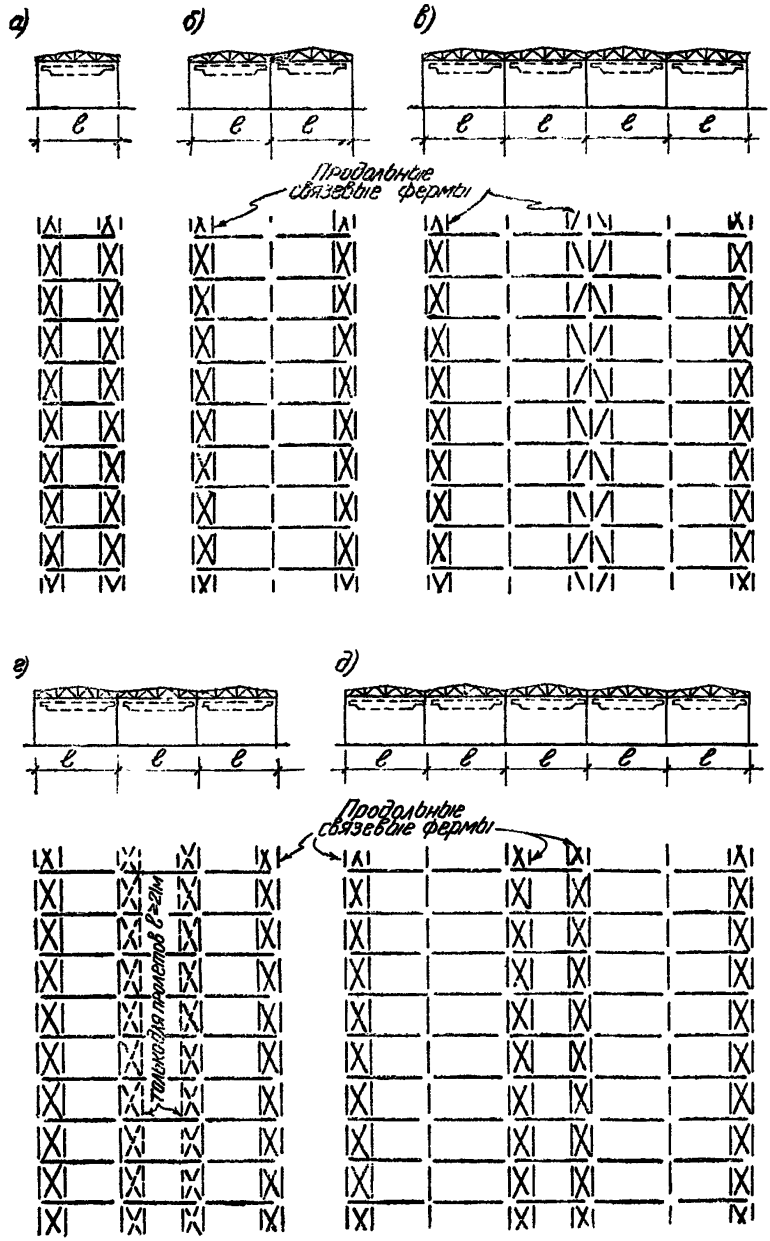


Рис. 46. Схемы разбивки продольных связей по нижним поясам фермы

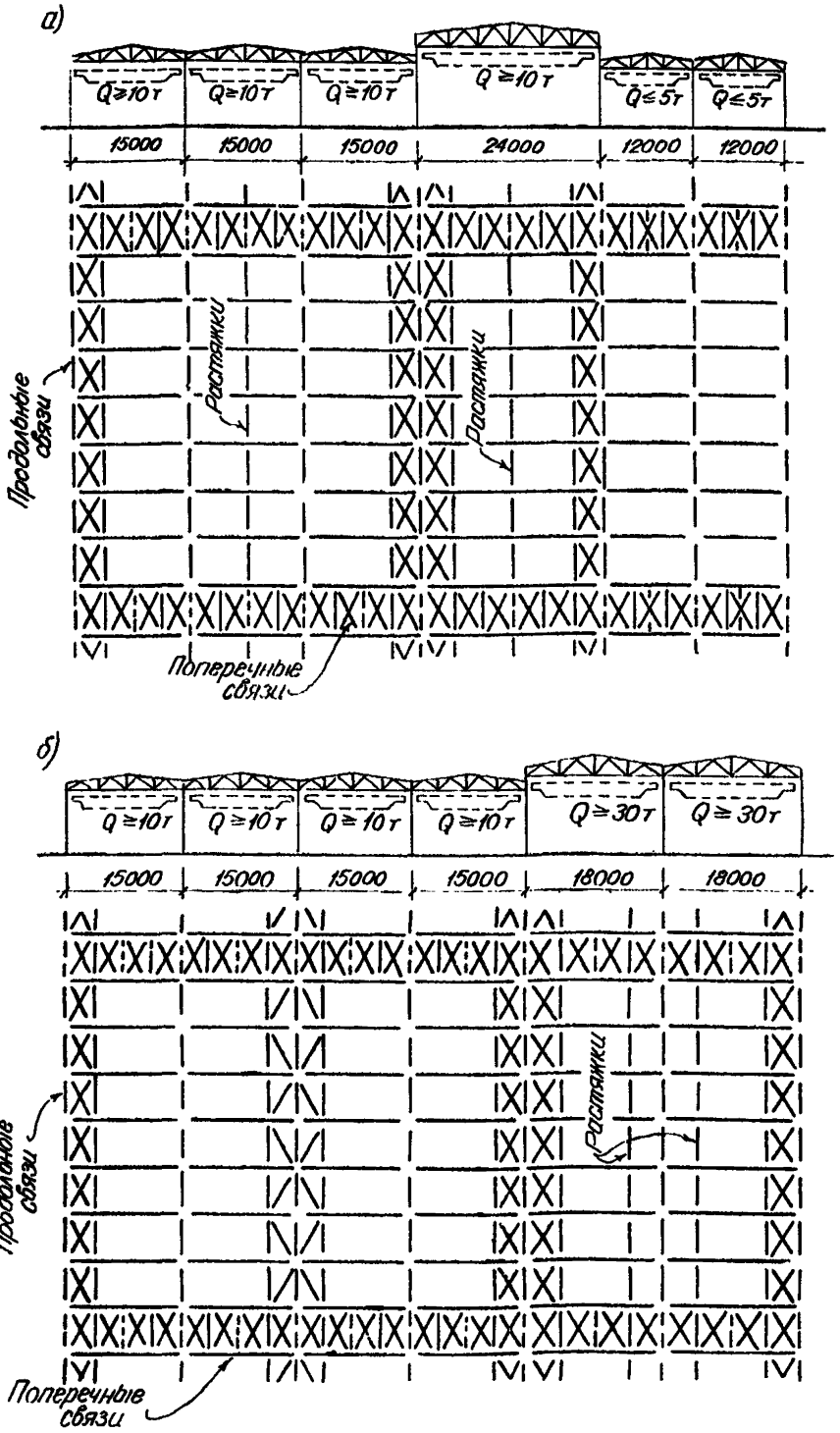


Рис. 47. Примеры расположения связей по нижним поясам ферм в зданиях с пролетами разной высоты

При необходимости расположения продольных связей с обеих сторон ряда колонн (например, вдоль ряда колонн, находящегося на оси симметрии здания) рекомендуется кресты заменять диагоналями (рис. 45д и 46в).

§ 120. Боковая жесткость нижних поясов ферм, располагаемых в промежутке между двумя поперечными связевыми фермами, обеспечивается при помощи специальных растяжек из уголков, закрепленных за узлы связевых ферм (так же, как на участках верхнего пояса под фонарем).

Боковую развязку следует предусматривать также в крайних панелях нижнего пояса ферм при отсутствии в этих панелях продольных связей (рис. 45г и 47б):

а) в зданиях с кранами грузоподъемностью до 20 т включительно при наличии сжимающих усилий в нижнем поясе;

б) в зданиях с кранами большей грузоподъемности во всех случаях.

§ 121. В покрытиях с треугольными фермами при отсутствии необходимости в поперечных связях по нижним поясам (в зданиях без подвесного подъемно-транспортного оборудования и в зданиях с кранами грузоподъемностью до 5 т включительно) рекомендуется продольные связи переносить в плоскость верхнего пояса. В этом случае в плоскости нижнего пояса сохраняются только поперечные связи у торцов здания.

§ 122. Продольные связевые фермы по крайнему ряду колонн, расположенные вдоль фахверковых стен, рассчитываются на ветровую нагрузку (передаваемую стойками каркаса стен), как фермы с пролетом, равным расстоянию между основными колоннами здания.

В зданиях со значительной крановой нагрузкой (когда горизонтальные смещения основных рам, возникающие от крановых нагрузок при расчете рам без учета работы связей, вызывают увеличение более чем на 20% расчетных изгибающих моментов в колоннах от крановой нагрузки, вычисленных без учета смещения) рекомендуется продольные связевые фермы рассчитывать совместно с основными рамами цеха, как балочные фермы на упругих опорах (см. Инструкцию по проектированию стальных рам).

§ 123. Вертикальные связи имеют назначение:

а) служить опорами поперечных связевых ферм, располагаемых в плоскости верхнего пояса (в зданиях со смешанным каркасом);

б) гарантировать правильность взаимного расположения плоскостей стропильных ферм при монтаже;

в) при отсутствии поперечных связей по нижним поясам стропильных ферм служить опорами для закрепления растяжек, уменьшающих боковую гибкость нижних поясов.

Вертикальные связи рекомендуется располагать в нескольких вертикальных плоскостях между двумя фермами под каждой поперечной связевой фермой верхнего пояса. Обычно вертикальные связи располагаются в плоскостях опорных стоек стропильных ферм, а также:

а) в плоскости коньковых стоек для ферм пролетом $L < 30$ м;

б) в плоскостях стоек, расположенных под узлами крепления наружной ноги фонаря, для ферм пролетом $L \geqslant 30$ м.

§ 124. Вертикальные связи из условий облегчения монтажа рекомендуется осуществлять в виде ферм с параллельными поясами. Высота этих ферм определяется высотой стойки стропильных ферм, к которым они крепятся.

Схему решетки вертикальных связевых ферм следует назначать:

по рис. 48 при малой высоте связей (менее 3 м);

по рис. 49 при большей высоте.



Рис. 48. Схема решетки вертикальной связевой фермы высотой менее 3 м

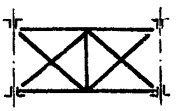


Рис. 49. Схема решетки вертикальной связевой фермы высотой 3 м и более



Рис. 50. Схема решетки вертикальной связевой фермы, используемой в качестве прогона

При этом вертикальные связи, располагаемые в плоскостях средних стоек бесфонарных ферм (а в покрытиях с ендовой на одном прогоне и в плоскостях опорных стоек ферм), рекомендуется использовать в качестве прогонов; в этих случаях решетка связевой фермы должна иметь дополнительные стойки (рис. 50).

Конструкцию крепления вертикальных связей рекомендуется принимать:

по рис. 51 — при решении конструкции вертикальной связи независимо от прогона;

по рис. 52 — при использовании вертикальной связи в качестве прогона.

§ 125. Сечения элементов связей, как правило, следует назначать по гибкости. При этом должны проверяться расчетом элементы:

а) поперечных связей у торцов здания;

б) продольных связей в соответствии с указаниями § 122;

в) вертикальных связей в случае использования их в качестве прогонов.

Гибкости элементов связей не должны превышать значений, приведенных в табл. 7.

Таблица 7

Допускаемые гибкости элемеитов связей

Наимеиоваиие элемеита	Допускаемая гибкость	
	для сжатых элементов	для растянутых элемеитов
Все элемеиты связей (кроме тяжей) . .	200	400

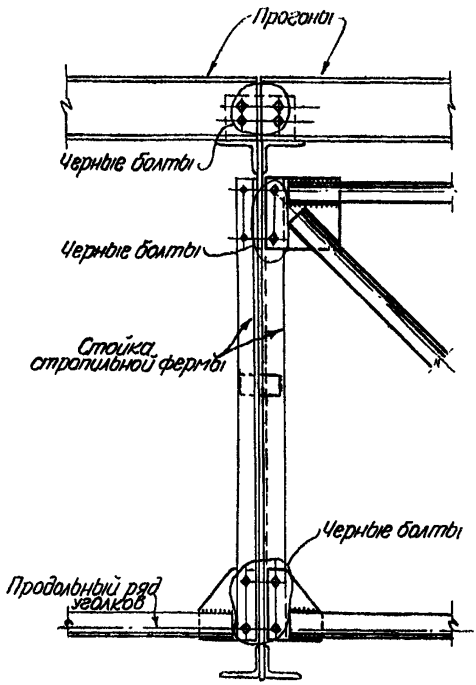


Рис. 51. Конструкция креплеиия вертикальной связи

§ 126. По своей статической схеме поперечные и продольные связи, как правило, представляют собою фермы с перекрестной решеткой. Сечения элементов связей следует назначать в соответствии с грузоподъемностью кранов и режимом работы здания; при этом сечения раскосов (диагоналей связей) подбираются из

условия работы их только на растяжение, сечения стоек (жестких распорок связей) — из условия их работы на сжатие.

В табл. 8 приводятся рекомендуемые сечения элементов связей по верхним и нижним поясам ферм для зданий с кранами грузоподъемностью до 75 т включительно и шагом ферм 6 м.

Таблица 8

Наименование элемента		Вид сечения	Состав сечения
Диагонали связей по верхним поясам		L	L 60×5
Диагонали связей по нижним поясам	в крестах	L	L 65×6
	разреженные	L	L 75×6
Продольные элементы	по коньку фермы (под фонарем)	L	L 75×6
	в прочих узлах верхнего и нижнего поясов	L	L 60×5
Жесткая распорка			2L 75×6

При проверке гибкости перекрестных раскосов связей из одиночных уголков радиус инерции принимается относительно оси, параллельной полке уголка.

§ 127. Кресты связей по верхним поясам ферм в бесфонарных пролетах, а также на участках между фонарями проектируются либо с присоединением средней фасонки к промежуточному прогону (рис. 53), либо независимо от прогона. В первом случае (основное решение) развязка верхнего пояса обеспечивается в каждом узле, во втором — через узел.

При устройстве крестов связей независимо от прогона вертикальные полки уголков связей должны быть направлены в одну сторону (вниз), чтобы не препятствовать пропуску прогона.

§ 127. Связи по верхним поясам на участке под фонарем рекомендуется проектировать в виде крестов из двух уголков, соединенных в месте пересечения болтом (с полками, направленными в разные стороны).

§ 129. Кресты связей по нижним поясам ферм рекомендуется также проектировать из двух уголков с полками, направленными в разные стороны.

Крепление крестов связей к поясу, как правило, производится на общих фасонках с распорками (рис. 54).

В тех случаях, когда разнообразие в длине панелей ферм приводит к большому количеству разнотипных марок связей, возможно крепление связей к поясу на раздельных фасонках (рис. 55); при этом крайние отверстия для крепления фасонок связей, как правило, не перекрываются вертикальными узловыми

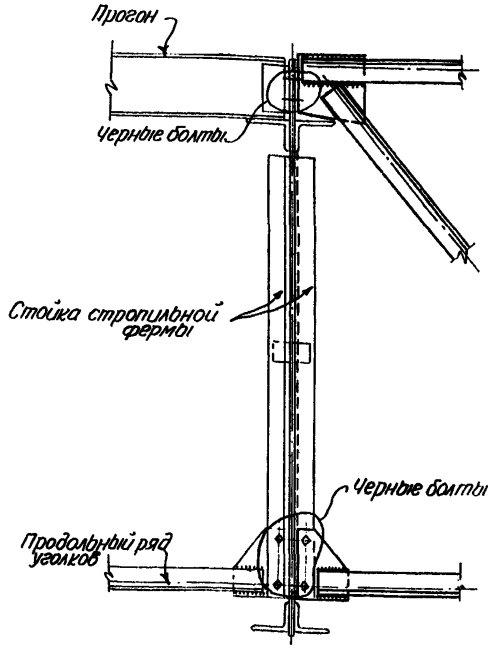


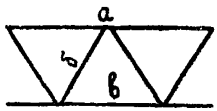
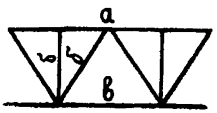
Рис. 52. Конструкция крепления вертикальной связи, используемой в качестве прогона

фасонками, что требует усиления нижнего пояса. Применение крепления связей к поясам ферм на раздельных фасонках ограничивается зданиями с кранами грузоподъемностью до 75 т при пролетах до 30 м и высоте зданий до 12 м.

§ 130. Рекомендуемые сечения элементов вертикальных связей (пролетом 6 м) приведены в табл. 9.

Таблица 9

Сечения элементов вертикальных связей

Конструкция вертикальной связи	Геометрическая схема	Элемент	Состав сечения при нагрузках на покрытие	
			$q < 300$ кг/м²	$q > 300$ кг/м²
обычного типа		а	⌐⌐ 60×5	⌐⌐ 60×5
		б	⌐ 50×5	⌐ 50×5
		в	⌊⌊ 60×5	⌊⌊ 60×5
в случае использования связи в качестве прогона		а	⌐⌐ 75×6	⌐⌐ 75×6
		б	⌐⌐ 50×5	⌐⌐ 50×5
		в	⌊⌊ 60×5	⌊⌊ 60×5

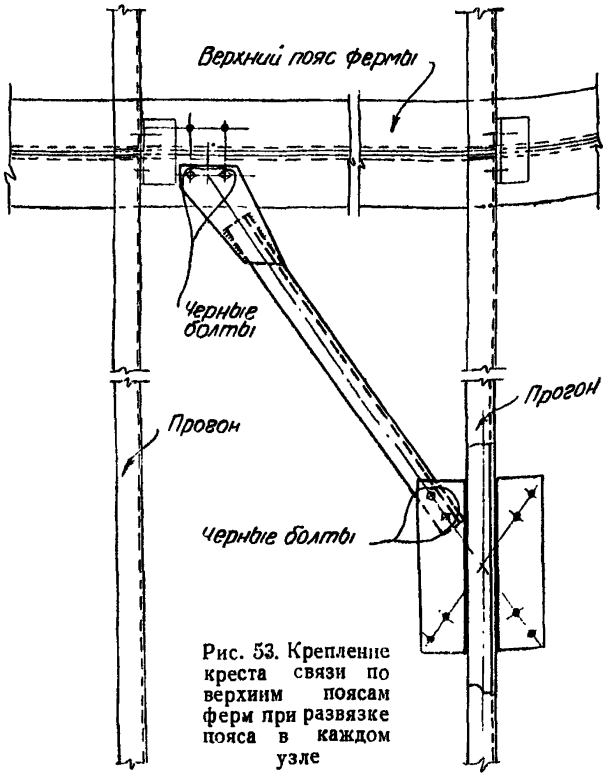


Рис. 53. Крепление креста связи по верхним поясам ферм при развязке пояса в каждом узле

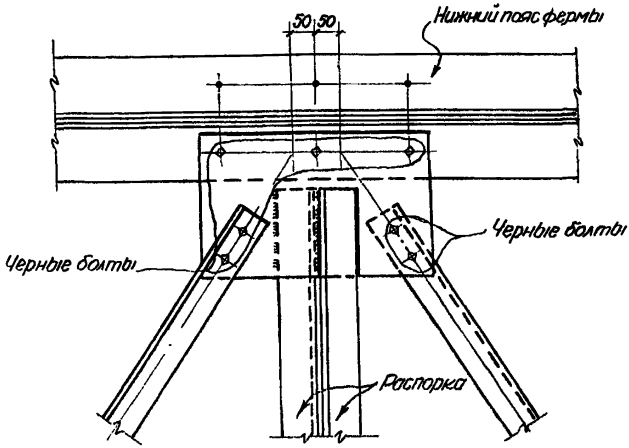


Рис. 54. Крепление крестов связей по нижним поясам ферм на общих фасонках с распорками

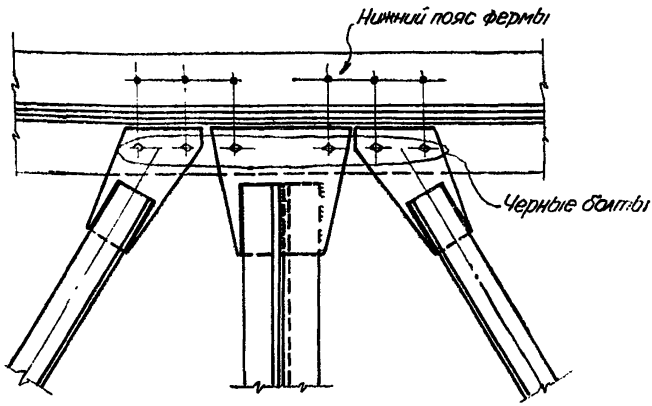


Рис. 55. Крепление крестов связей по нижним поясам ферм на раздельных фасонках

Приложение 1

КОЭФИЦИЕНТЫ φ УМЕНЬШЕНИЯ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

λ	Стали марок Ст.Ос, Ст.2 и Ст.3									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	0,999	0.998	0,997	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991
10	0,990	0,987	0,984	0,981	0,978	0,975	0,972	0,969	0,966	0,963
20	0,960	0,958	0,956	0,954	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942
30	0,940	0,938	0,936	0,934	0,932	0,930	0,928	0,926	0,924	0,922
40	0,920	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
50	0,890	0,887	0,884	0,881	0,878	0,875	0,872	0,869	0,866	0,863
60	0,860	0,855	0,850	0,845	0,840	0,835	0,830	0,825	0,820	0,815
70	0,810	0,804	0,798	0,792	0,785	0,780	0,774	0,768	0,762	0,756
80	0,750	0,744	0,738	0,732	0,726	0,720	0,714	0,708	0,702	0,696
90	0,690	0,681	0,672	0,663	0,654	0,645	0,636	0,627	0,618	0,609
100	0,600	0,592	0,584	0,576	0,568	0,560	0,552	0,544	0,536	0,528
110	0,520	0,513	0,506	0,499	0,492	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457
120	0,450	0,445	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405
130	0,400	0,396	0,392	0,388	0,384	0,380	0,376	0,372	0,368	0,364
140	0,360	0,356	0,352	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,328	0,324
150	0,320	0,317	0,314	0,311	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293
160	0,290	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263
170	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
180	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216	0,214	0,212
190	0,210	0,208	0,206	0,204	0,202	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192
200	0,190									

λ — гибкость элемента

КОЭФИЦИЕНТЫ $\varphi_{вн}$ ПОНИЖЕНИЯ ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ОДНОЧЛЕННОЙ ФОРМУЛЕ

m	λ																
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200
0,0	0,960	0,940	0,920	0,890	0,860	0,810	0,750	0,690	0,600	0,525	0,450	0,405	0,360	0,325	0,290	0,230	0,190
0,1	0,875	0,860	0,840	0,810	0,780	0,735	0,680	0,630	0,555	0,493	0,430	0,388	0,345	0,313	0,280	0,225	0,185
0,2	0,790	0,780	0,760	0,730	0,700	0,660	0,610	0,570	0,510	0,460	0,410	0,370	0,330	0,300	0,270	0,220	0,180
0,3	0,735	0,725	0,705	0,680	0,650	0,610	0,570	0,530	0,480	0,435	0,390	0,355	0,320	0,290	0,260	0,215	0,175
0,4	0,680	0,670	0,650	0,630	0,600	0,560	0,530	0,490	0,450	0,410	0,370	0,340	0,310	0,280	0,250	0,210	0,170
0,5	0,640	0,630	0,610	0,590	0,565	0,530	0,500	0,465	0,425	0,390	0,355	0,325	0,295	0,270	0,245	0,205	0,170
0,6	0,600	0,590	0,570	0,550	0,530	0,500	0,470	0,440	0,400	0,370	0,340	0,310	0,280	0,260	0,240	0,200	0,170
0,7	0,565	0,555	0,540	0,520	0,500	0,475	0,445	0,420	0,385	0,355	0,325	0,300	0,275	0,253	0,230	0,195	0,165
0,8	0,530	0,520	0,510	0,490	0,470	0,450	0,420	0,400	0,370	0,340	0,310	0,290	0,270	0,245	0,220	0,190	0,160
0,9	0,505	0,495	0,485	0,465	0,450	0,430	0,400	0,380	0,355	0,328	0,300	0,280	0,260	0,238	0,215	0,185	0,160
1,0	0,480	0,470	0,460	0,440	0,430	0,410	0,380	0,360	0,340	0,315	0,290	0,270	0,250	0,230	0,210	0,180	0,160
1,1	0,460	0,450	0,440	0,425	0,410	0,390	0,365	0,350	0,325	0,305	0,285	0,265	0,245	0,225	0,205	0,175	0,155
1,2	0,440	0,430	0,420	0,410	0,390	0,370	0,350	0,340	0,310	0,295	0,280	0,260	0,240	0,220	0,200	0,170	0,150
1,3	0,420	0,415	0,405	0,390	0,375	0,360	0,340	0,325	0,300	0,285	0,270	0,250	0,230	0,213	0,195	0,170	0,150
1,4	0,400	0,400	0,390	0,370	0,360	0,350	0,330	0,310	0,290	0,275	0,260	0,240	0,220	0,205	0,190	0,170	0,150
1,5	0,385	0,385	0,375	0,360	0,350	0,335	0,320	0,305	0,285	0,268	0,250	0,233	0,215	0,203	0,190	0,165	0,145
1,6	0,370	0,370	0,360	0,350	0,340	0,320	0,310	0,300	0,280	0,260	0,240	0,225	0,210	0,200	0,190	0,160	0,140
1,7	0,360	0,355	0,345	0,335	0,325	0,310	0,300	0,290	0,270	0,253	0,235	0,220	0,205	0,195	0,185	0,160	0,140
1,8	0,350	0,340	0,330	0,320	0,310	0,300	0,290	0,280	0,260	0,245	0,230	0,215	0,200	0,190	0,180	0,160	0,140
1,9	0,340	0,330	0,320	0,310	0,300	0,290	0,280	0,270	0,250	0,238	0,225	0,213	0,200	0,188	0,175	0,155	0,135
2,0	0,330	0,320	0,310	0,300	0,290	0,280	0,270	0,260	0,240	0,230	0,220	0,210	0,200	0,185	0,170	0,150	0,130
2,5	0,280	0,280	0,270	0,270	0,260	0,250	0,240	0,230	0,220	0,210	0,200	0,190	0,180	0,170	0,160	0,140	0,120
3,0	0,250	0,240	0,240	0,230	0,230	0,220	0,210	0,200	0,200	0,190	0,180	0,170	0,160	0,155	0,150	0,130	0,120
3,5	0,220	0,220	0,210	0,210	0,200	0,200	0,190	0,180	0,180	0,175	0,170	0,160	0,150	0,140	0,130	0,120	0,110
4,0	0,200	0,190	0,190	0,190	0,190	0,180	0,170	0,170	0,160	0,155	0,150	0,145	0,140	0,135	0,130	0,110	0,100
4,5	0,180	0,175	0,175	0,175	0,175	0,165	0,160	0,155	0,150	0,145	0,140	0,135	0,130	0,125	0,120	0,105	0,095
5,0	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,150	0,150	0,140	0,140	0,135	0,130	0,125	0,120	0,115	0,110	0,100	0,090
5,5	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,143	0,140	0,133	0,133	0,128	0,123	0,119	0,115	0,110	0,105	0,095	0,088
6,0	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,135	0,130	0,125	0,125	0,120	0,115	0,113	0,110	0,105	0,100	0,090	0,085
6,5	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,128	0,120	0,118	0,118	0,113	0,108	0,107	0,105	0,100	0,095	0,085	0,083
7	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,110	0,110	0,110	0,105	0,100	0,100	0,100	0,095	0,090	0,080	0,080
8	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,100	0,100	0,100	0,097	0,093	0,093	0,093	0,088	0,083	0,077	0,073
9	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,090	0,090	0,090	0,089	0,086	0,086	0,086	0,081	0,076	0,074	0,066
10	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,075	0,070	0,070	0,060
12	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,074	0,074	0,074	0,073	0,072	0,072	0,072	0,068	0,064	0,064	0,056
14	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,068	0,068	0,068	0,066	0,064	0,064	0,064	0,061	0,058	0,058	0,052
16	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,062	0,062	0,062	0,059	0,056	0,056	0,056	0,054	0,052	0,052	0,048
18	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,056	0,056	0,056	0,052	0,048	0,048	0,048	0,047	0,046	0,046	0,044
20	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,045	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040

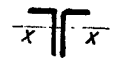
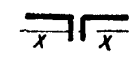
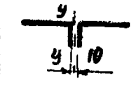
λ — гибкость стержня в плоскости изгиба;

$m = \frac{M}{N} \cdot \frac{F_{бр}}{W_{бр}}$ — относительный эксцентриситет в плоскости изгиба.

А. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СЕЧЕНИЙ ИЗ РАВНОБОКИХ УГОЛКОВ

Размеры уголка мм		Площадь, см²		Радиусы инерции, см			
							
b	d						
50	5	4,80	9,60	0,98	1,53	2,45	1,92
	6	5,69	11,38	0,97	1,52	2,48	1,91
60	5	5,82	11,64	1,19	1,85	2,85	2,32
	6	6,91	13,82	1,19	1,84	2,87	2,31
	8	9,03	18,06	1,17	1,81	2,91	2,28
65	6	7,55	15,10	1,28	1,98	3,06	2,50
	8	9,87	19,74	1,27	1,96	3,10	2,48
	10	12,1	24,2	1,25	1,94	3,15	2,44
75	6	8,78	17,56	1,51	2,31	3,44	2,89
	8	11,5	23,0	1,48	2,28	3,49	2,87
	10	14,1	28,2	1,47	2,26	3,54	2,84
	12	16,7	33,4	1,45	2,24	3,61	2,81
80	6	9,38	18,76	1,58	2,47	3,64	3,11
	8	12,3	24,6	1,57	2,44	3,69	3,07
	10	15,1	30,2	1,56	2,42	3,73	3,05
90	8	14,0	28,0	1,77	2,76	4,08	3,46
	10	17,2	34,4	1,76	2,74	4,11	3,44
	12	20,4	40,8	1,75	2,71	4,18	3,41
	14	23,4	46,8	1,75	2,69	4,21	3,38
100	8	15,6	31,2	1,98	3,07	4,47	3,87
	10	19,2	38,4	1,97	3,05	4,51	3,85
	12	22,8	45,6	1,96	3,03	4,56	3,81
	14	26,3	52,6	1,95	3,01	4,60	3,78
	16	29,7	59,4	1,95	2,99	4,65	3,75
120	10	23,3	46,6	2,36	3,68	5,31	4,64
	12	27,6	55,2	2,35	3,66	5,36	4,62
	14	31,9	63,8	2,34	3,64	5,41	4,59
	16	36,1	72,2	2,34	3,62	5,45	4,56
	18	40,3	80,6	2,33	3,60	5,49	4,54
130	10	25,3	50,6	2,56	4,01	5,70	5,05
	12	30,0	60,0	2,55	3,99	5,76	5,03
	14	34,7	69,4	2,54	3,96	5,81	5,00
	16	39,3	78,6	2,52	3,93	5,84	4,96
150	12	34,9	69,8	2,98	4,62	6,55	5,83
	14	40,4	80,8	2,97	4,60	6,60	5,80
	16	45,8	91,6	2,95	4,58	6,64	5,77
	18	51,1	102,2	2,94	4,56	6,67	5,73
	20	56,4	112,8	2,91	4,52	6,70	5,70
180	14	48,8	97,6	3,58	5,57	7,80	7,03
	16	55,4	110,8	3,56	5,55	7,85	7,00
	18	61,9	123,8	3,54	5,52	7,90	6,94
200	16	62,0	124,0	3,93	6,17	8,64	7,79
	18	69,3	138,6	3,93	6,15	8,68	7,77
	20	76,5	153,0	3,92	6,13	8,72	7,74
	24	90,8	181,6	3,90	6,07	8,79	7,66
	30	111,5	223,0	3,87	5,96	8,86	7,49
220	16	68,4	136,8	4,37	6,80	9,44	8,59
	20	84,5	169,0	4,34	6,75	9,51	8,51
	24	100,4	200,8	4,32	6,71	9,59	8,44
	28	115,9	231,8	4,30	6,66	9,66	8,37
230	24	105,3	210,6	4,51	7,03	9,89	8,86

Б. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СЕЧЕНИЙ ИЗ НЕРАВНОБОКИХ УГОЛКОВ

Размеры уголка мм		Площадь, см²		Радиусы инерции, см				
								
B × b	d							
60 × 40	5	4,83	9,66	0,87	1,90	1,85	1,13	3,10
	6	5,72	11,44	0,86	1,88	1,88	1,12	3,13
	8	7,44	14,88	0,85	1,86	1,93	1,10	3,18
75 × 50	5	6,11	12,22	1,09	2,39	2,19	1,43	3,74
	6	7,25	14,50	1,08	2,37	2,22	1,42	3,78
	8	9,47	18,94	1,07	2,35	2,27	1,40	3,83
	10	11,6	23,2	1,07	2,33	2,32	1,38	3,88
80 × 55	6	7,85	15,7	1,19	2,53	2,42	1,58	3,98
	8	10,3	20,6	1,19	2,51	2,46	1,56	4,02
	10	12,6	25,2	1,18	2,49	2,50	1,54	4,07
90 × 60	6	8,78	17,56	1,30	2,87	2,58	1,72	4,43
	8	11,5	23,0	1,29	2,85	2,62	1,70	4,48
	10	14,1	28,2	1,29	2,82	2,66	1,68	4,53
100 × 75	8	13,5	27,0	1,62	3,16	3,24	2,19	4,80
	10	16,7	33,4	1,60	3,13	3,28	2,17	4,84
	12	19,7	39,4	1,59	3,11	3,33	2,15	4,88
120 × 80	8	15,6	31,2	1,75	3,83	3,30	2,30	5,79
	10	19,2	38,4	1,73	3,81	3,35	2,27	5,85
	12	22,8	45,6	1,71	3,79	3,40	2,25	5,87
130 × 90	8	17,2	34,4	1,97	4,15	3,70	2,62	6,20
	10	21,3	42,6	1,95	4,12	3,74	2,59	6,22
	12	25,2	50,4	1,94	4,10	3,78	2,57	6,28
	14	29,1	58,2	1,93	4,08	3,82	2,55	6,33
150 × 100	10	24,3	48,6	2,18	4,78	4,05	2,87	7,16
	12	28,8	57,6	2,18	4,76	4,09	2,85	7,21
	14	33,3	66,6	2,16	4,73	4,13	2,83	7,25
	16	37,7	75,4	2,15	4,71	4,17	2,81	7,29
180 × 120	12	34,9	69,8	2,62	5,75	4,79	3,46	8,53
	14	40,4	80,8	2,62	5,73	4,84	3,44	8,57
	16	45,8	91,6	2,60	5,71	4,86	3,41	8,63
200 × 120	12	37,3	74,6	2,64	6,45	4,64	3,39	9,61
	14	43,2	86,4	2,61	6,42	4,68	3,36	9,65
	16	49,0	98,0	2,60	6,38	4,73	3,34	9,70
200 × 150	12	41,0	82,0	3,26	6,37	6,06	4,44	9,16
	16	53,9	107,8	3,23	6,32	6,14	4,40	9,26
	18	60,3	120,6	3,21	6,30	6,17	4,38	9,29
	20	66,5	133,0	3,21	6,27	6,21	4,35	9,33

ДАННЫЕ ПО ПОДВЕСНОМУ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Собственные веса ручных кошек с червячным подъемным механизмом и цепями к вему при подъеме до 3 м

№№ п/п	Грузоподъемность т	Общий вес кг
1	0,5	70
2	1,0	80
3	1,5	110
4	2,0	120
5	3,0	150
6	5,0	230

Собственные веса двухмоторных тельферов при высоте подъема до 7—10 м, при управлении снизу

№№ п/п	Грузоподъемность т	Общий вес кг
1	0,5	325
2	1,0	335 — 360
3	2,0	450 — 500
4	3,0	600
5	5,0	850

Собственные веса и максимальные давления на ходовые колеса подвесных кранбалок (ориентировочные данные)

Тип	ПКБ-1					ПКБ-2			ПКБ-3		
Пролет, м	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	6,0	7,0	8,0	5,0	6,0	6,5
Консоль, м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	0,75	0,75	0,75
Вес кранбалки без тельфера, кг	990	1040	1095	1146	1196	930	990	1045	790	850	878
Вес тельфера грузоподъемностью Q = 1 т			350				—			—	
Q = 2 т			—				600			—	
Q = 3 т			—				—			800	
Вес кранбалки с тельфером, кг	1340	1390	1445	1495	1545	1530	1590	1645	1590	1650	1675
Максимальное давление на ходовое колесо, кг	1085	1100	1100	1125	1140	1695	1710	1730	2200	2210	2220

Цена 14 руб.

ИЗДАНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
МИНТЯЖСТРОЯ

gost.e-ecolog.ru