Ленинградский Промстройпроект
Госстроя СССР

Руководство

по проектированию транспортерных галерей

Москва 1979

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3
2. Объемно-планировочные решения и ограждающие конструкции . . . 4
3. Конструктивные решения 8
4. Нагрузки и воздействия 21
5. Расчет строительных конструкций 26

Приложение 1. Примеры решений галерей с различными конструктивными схемами 33

Приложение 2. Габариты транспортеров и внутренние габариты галерей, рекомендуемые для обогатительных и агломерационных фабрик цветной и черной металлургии 42

Приложение 3. Форма задания (образец) на проектирование строительной части галерен 45

Приложение 4. Унифицированные технологические статические нагрузки от веса транспортируемого груза, ленты, роликоопор, металлоконструкций и просыпи на настиле средней части транспортера и нагрузки от подъемно-транспортных устройств 48

Приложение 5. Определение продольных нагрузок τ_0 от разности сил сопротивления рабочих и холостых роликов 50

Приложение 6. Определение продольных нагрузок τ_n, вызываемых разностью сил инерции вращения рабочих и холостых роликов 50

Приложение 7. Определение экстренных (аварийных) нагрузок, вызываемых заклиниванием или обрывом ленты транспортера . . 50

Приложение 8. Определение динамических нагрузок и расчет пролетных строений галерей на динамические нагрузки 52

Приложение 9. Пример расчета конструкций галереи 56

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОМСТРОЙПРОЕКТ ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Г. А. Жигачева*
Редактор *В. В. Петрова*
Техн. редакторы *М. Г. Авешникова, М. А. Жарикова, Л. Н. Козлова*
Технические редакторы *Т. В. Кузнецова, В. М. Родионова*
Корректоры *Г. А. Кравченко, Н. О. Родионова*

Сдано в набор 6.04.79. Подписано в печать 22.08.79 Т-16020
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага тип. № 2 Гарнитура «Литературная»
Высокая Усл. печ. л. 5,46 Уч.-изд. л. 5,92
Изд. № XII—8353 Зак. № 241 Цена 30 коп

Стройиздат, 103006, Москва, Каляевская, 23а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОМСТРОЙПРОЕКТ
ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1979

УДК 624.21.033.6.04

Рекомендовано к изданию решением технического совета ГПИ Ленинградский Промстройпроект.

Руководство по проектированию транспортерных галерей / /Ленингр Промстройпроект Госстроя СССР. — М : Стройиздат, 1979 — 104 с.

Руководство составлено к главе СНиП II-91-77 «Сооружения промышленных предприятий». В Руководстве также приведены требования других нормативных документов.

Руководство содержит основные положения по проектированию транспортерных галерей промышленных предприятий: материалы по объемно-планировочным и конструктивным решениям, определению статических и динамических нагрузок и воздействий, расчету несущих конструкций и рекомендации по конструированию

В Руководстве не рассмотрены вопросы проектирования галерей с транспортерами для перемещения горячих или парящих материалов, а также участков галерей, на которых устанавливаются весы, переходы через транспортеры, перегрузочные устройства и др Не рассмотрены вопросы проектирования трубчатых пространственных галерей замкнутого профиля и галерей с подвеской транспортеров к покрытию.

Руководство разработано ГПИ Ленинградский Промстройпроект (кандидаты техн. наук М Е Лииницкий, Б В. Горенштейн, В М. Пятецкий, инженеры Н. В Кушлина, Л М Гарковский, А Г Марголин, арх. Л. Н. Изюмская), Ленинградским отделением ЦНИИПСК (инж М. Б. Солодарь, канд техн. наук Ю С. Плишкин. инженеры С М Кузьменко, Ю Н. Симонов, А. П Берик, Э Я Ромм); институтом «Механобр» (канд техн наук А. С Петров, инженеры М. С Бревде, О В. Зеленский, М В. Ушаков, Н. А. Чекмарев, Г А Васильев, В. Г. Свирин, В. Я. Прокопенко, Ю. В. Чулков), ГПИ Уральский Промстройниипроект (канд техн наук Б. П Пасынков, инженеры А. Д. Ним, М Б Баранова, И. И Гольц), и ГПИ Харьковский Промстройниипроект (инженеры Н. Ф. Довгий, А. М. Монин, В. Л. Петрусенко, Н. И Кожевников, М. И. Бродский, канд. техн наук В. Е. Савранский)

Замечания и предложения по Руководству просьба направлять по адресу. 196247, Ленинград, Ленинский проспект, 160, Ленинградский Промстройпроект.

Р $\frac{30213-467}{047(01)-79}$ Инструкт.-нормат , II вып. — 60—78.3204000000

© Стройиздат, 1979

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Транспортерная галерея — надземное, полностью или частично закрытое, горизонтальное или наклонное сооружение, располагаемое между зданиями или сооружениями и предназначенное для размещения транспортеров.

1.2. Исходными данными для разработки конструкций галерей являются:

технологическое задание, в котором должны быть приведены все необходимые для проектирования сведения (образец задания с перечислением сведений см. в прил. 3);

генеральный план с нанесением на нем всех надземных и подземных инженерных коммуникаций.

1.3. При прокладке в транспортерной галерее транзитных кабелей и трубопроводов должны соблюдаться нормы проектирования на все коммуникации, проходящие по галерее.

1.4. В зависимости от принятых объемно-планировочных и конструктивных решений, а также от условий эксплуатации галереи могут проектироваться различных типов, отличающихся между собой по следующим признакам:

а) *по материалу основных несущих конструкций пролетных строений*: стальные, железобетонные, деревянные;

б) *по конструктивным решениям несущих конструкций пролетного строения с применением*: плит, балок, ферм, пространственных конструкций замкнутого профиля;

в) *по расположению транспортеров относительно пролетных строений*: с расположением транспортеров по низу пролетных строений, с расположением транспортеров по верху пролетных строений;

г) *по конструктивным решениям ограждающих конструкций*: с навесными стенами, располагаемыми с внутренней или с наружной стороны пролетного строения; с самонесущими ограждающими конструкциями;

д) *по температурному режиму*: отапливаемые, неотапливаемые;

е) *по способу уборки пыли и просыпи внутри галереи:* с гидроуборкой, без гидроуборки (в том числе с пневмоуборкой).

Выбор тех или иных решений при проектировании галерей должен производиться на основании действующих нормативных документов с учетом класса сооружений, технологических требований, санитарных и противопожарных требований, технико-экономических обоснований, требований унификации и использования типовых конструкций. Выбор материалов следует производить в соответствии с техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов.

1.5. В случае когда определение расстояния между зданиями, связанными транспортерной галереей, зависит только от необходимости поднять материал на определенную высоту, угол наклона галереи должен приниматься максимально возможным в зависимости от технической характеристики транспортера и физических свойств перемещаемого материала

Угол наклона транспортера назначается технологами в задании на проектирование строительной части галереи

1.6. Примыкание галереи к зданию или сооружению в плане следует, как правило, проектировать под прямым углом.

1.7. Пересечение и параллельное размещение трасс галерей с воздушными линиями электропередачи должны осуществляться в соответствии с правилами устройства электроустановок.

1.8. При проектировании железобетонных и стальных конструкций сооружений должны выполняться требования, предусматриваемые главой СНиП по проектированию защиты строительных конструкций от коррозии.

Подземные сооружения, расположенные в зоне влияния блуждающих токов, должны быть защищены в соответствии с Инструкцией по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами.

Стальные конструкции сооружений должны быть заземлены.

1.9. В проектах должны быть предусмотрены меры защиты деревянных конструкций от биологического воздействия, возгорания и действия химически агрессивной среды в соответствии с главой СНиП по проектированию деревянных конструкций.

2. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

2.1. Размеры поперечных сечений галерей обусловливаются:

по ширине — размерами рам транспортеров, количеством транспортеров, шириной необходимых проходов (для обслуживания и ремонта), размещением отопительных приборов (для отапливаемых галерей) и технологических межцеховых коммуникаций; размер по ширине рекомендуется принимать кратным 600 мм;

по высоте — размером прохода, размещением межцеховых коммуникаций и устройством монорельса для подвески транспортного оборудования при производстве ремонта транспортеров.

2.2. Размеры транспортерных галерей должны приниматься в соответствии с требованиями технологии. При этом в соответствии с действующим стандартом ширина проходов для обслуживания транспортеров должна быть не менее:

0,7 м — для транспортера, обслуживаемого с одной стороны,

1 м — между параллельно установленными транспортерами.

Ширина проходов для ремонта и монтажа транспортеров должна быть не менее 0,4 м. Высота проходов в чистоте должна быть не менее 1,8 м.

Примечания: 1. Ширина прохода между параллельно установленными транспортерами, закрытыми по всей трассе жесткими или сетчатыми ограждениями, может быть уменьшена до 0,7 м.

2. Ширина прохода между станиной ленточного транспортера и строительными конструкциями (колонны, пилястры и т. д.), создающими местное сужение, должна приниматься не менее 0,6 м; места сужения должны иметь ограждения. В случае проектирования транспортерных галерей из сгораемых материалов сужение проходов не допускается.

3. При отсутствии прохода минимальное расстояние между стеной и станиной ленточного транспортера следует принимать 0,4 м

4 В транспортерных галереях элеваторов, зерноскладов и других сооружений для обработки и хранения зерновых продуктов допускается уменьшать ширину прохода между транспортерами до 0,8 м.

2.3. При проектировании галерей следует, как правило, применять габаритные схемы и типовые проекты галерей, разработанные с учетом использования типовых унифицированных конструкций и изделий и отвечающие требованиям главы СНиП II-91-77

В прил. 1 приведены унифицированные габаритные схемы галерей на один и два транспортера с шириной ленты от 650 до 2000 мм, разработанные в составе типовых серий галерей с различными конструктивными решениями.

Примечания: 1. Указанная на габаритных схемах ширина средней части транспортера принята с учетом ограждения.

2 Конструкции пролетных строений, принятые по типовым сериям, должны быть проверены расчетом на статические и динамические нагрузки.

2.4 В зависимости от климатических условий района строительства, характеристики перемещаемых грузов, приспособленности транспортерного оборудования к работе при низких температурах, принятых способах уборки пыли и просыпи транспортерные галереи проектируются неотапливаемыми или отапливаемыми.

Необходимость создания положительных температур определяется технологическими требованиями.

2.5. Для ограждающих конструкций неотапливаемых транспортерных галерей следует применять, как правило, асбестоцементные волнистые листы, а для отапливаемых — асбестоцементные или клеефанерные панели с эффективным утеплителем

Применение стального профилированного листа с эффективным утеплителем для ограждающих конструкций отапливаемых транспортерных галерей со стальными пролетными строениями допускается в случае, когда это обосновано соответствующими эксплуатационными условиями.

При расположении транспортеров по низу пролетных строений ограждающие конструкции неотапливаемых транспортерных галерей рекомендуется проектировать из асбестоцементных волнистых листов.

При расположении транспортеров по верху пролетных строений и отсутствии монорельсов в качестве ограждающих конструкций неотапливаемых галерей рекомендуется применять самонесущие асбестоцементные оболочки

Габариты самонесущих ограждающих конструкций следует принимать (исходя из технологических требований) в соответствии с рекомендуемыми схемами, приведенными в прил 1.

Ограждения галерей следует проектировать с учетом унификации асбестоцементных оболочек и технологии их изготовления.

Коммуникации, располагаемые в галереях, следует размещать в боковых пазухах оболочки, предусматривая для этой цели специальные стальные конструкции, опирающиеся на перекрытие галерей

Осветительная арматура и трубопроводы малых диаметров, не создающие динамических нагрузок, могут подвешиваться к коньковому узлу оболочки с проверкой расчетом в каждом конкретном случае.

Самонесущие асбестоцементные оболочки ограждения следует

проектировать в соответствии с Инструкцией по проектированию и монтажу ограждений неотапливаемых транспортерных галерей из асбестоцементных оболочек (разработана Харьковским и Донецким Промстройниипроектами).

2.6. Выходы из транспортерных галерей с конструкциями из сгораемых материалов должны быть предусмотрены не реже чем через 100 м. Для транспортерных галерей с несгораемыми конструкциями, а также при сгораемых галереях, предназначенных для транспортирования несгораемых материалов, расстояние между выходами допускается увеличивать до 200 м.

В транспортерной галерее топливоподачи электростанций при выполнении несущих и ограждающих конструкций из несгораемых материалов расстояние между эвакуационными выходами не должно превышать 200 м.

Лестницы допускается выполнять открытыми стальными, с уклоном не более 60°, шириной не менее 0,7 м.

2.7. Выходы из транспортерных галерей, лестницы и противопожарные зоны следует совмещать с перегрузочными узлами. В свободных объемах перегрузочных узлов, если транспортируются негорючие и невзрывоопасные материалы, допускается размещать вспомогательные помещения.

2.8. В примыканиях галерей к перегрузочным узлам, которые совмещаются с противопожарными зонами, следует предусматривать несгораемые перегородки с дверями с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч.

В случаях, предназначенных для транспортировки горючих материалов, следует предусматривать устройство водяной завесы.

2.9. Галереи, предназначенные для транспортирования несгораемых и не подверженных нагреву материалов или кусковых сгораемых материалов (торфа, древесины), при высоте галереи не более 10 м, а также галереи, по которым прокладываются трубопроводы с негорючими жидкостями или газами, допускается проектировать из сгораемых материалов.

2.10. Для галерей с несущими и ограждающими конструкциями из сгораемых материалов должны предусматриваться противопожарные зоны из несгораемых материалов:

а) через каждые 100 м (длина зоны не менее 6 м),

б) в местах примыкания к зданиям (длина зоны не менее 6 м);

в) в местах пересечений в одном или разных уровнях (длина зоны определяется с таким расчетом, чтобы кратчайшее расстояние в горизонтальной проекции между конструкциями из сгораемых материалов было не менее 6 м);

г) при размещении над зданием (длина зоны равна ширине здания плюс 3 м с каждой стороны).

Из каждой противопожарной зоны галереи, кроме противопожарных зон, примыкающих к зданию, должен предусматриваться выход на лестницу, выполненную из несгораемых материалов.

В местах пересечения галерей с железными дорогами (при тепловозной или паровозной тяге) должна предусматриваться защита от возгорания участков галерей в каждую сторону от оси дороги по 3 м.

Примечания: 1. При проектировании надземных наружных галерей с несущими и ограждающими конструкциями из трудносгораемых материалов в местах примыкания к зданиям должны преду-

сматриваться противопожарные зоны из несгораемых материалов (длина зоны не менее 6 м).

2. В местах примыканий галерей к зданиям с производствами категории А, Б и В должны предусматриваться двери с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч или водяная завеса.

3. Защита от возгорания галерей, располагаемых над железнодорожными путями (при тепловозной или паровозной тяге), не требуется, если низ галерей расположен на высоте более 12 м от головки рельса.

4. В местах пересечения трасс галерей с железнодорожными путями, используемыми для перевозки расплавленного металла и шлака, галереи должны быть защищены экранами из несгораемых материалов с пределом огнестойкости 0,75 ч.

2.11. Для обеспечения естественной вентиляции в галереях должны в соответствии с технологическими требованиями проектироваться открывающиеся окна, дефлекторы и другие устройства.

Окна следует располагать, как правило, со стороны основного прохода.

В галереях шириной более 5 м следует предусматривать устройство окон с обеих сторон. Открывание оконных переплетов должно осуществляться внутрь галерей.

Допускается при соответствующем обосновании проектировать галереи без естественного освещения.

2.12. Удаление пыли и просыпи в галереях следует осуществлять гидроуборкой (гидросмывом) или пневмоуборкой. При применении гидроуборки следует предусматривать устройства для стока воды, защиту строительных конструкций от коррозии.

В неотапливаемых галереях допускается осуществлять сезонную гидроуборку — в теплый период года, если это допускается условиями технологии.

Лотки для стока воды следует, как правило, располагать под конвейером. Поперечный уклон пола к лотку должен приниматься не менее 0,02. В горизонтальных галереях следует обеспечивать продольный уклон лотков не менее 0,02.

2.13. При круглогодичной гидроуборке ограждающие конструкции галерей должны проектироваться утепленными и влагостойкими. Расчетная температура воздуха внутри отапливаемых галерей должна быть +5°С, при этом должна быть обеспечена положительная температура на внутренней поверхности ограждающих конструкций

2.14. Выбор типа покрытия пола галерей следует производить в соответствии с главой СНиП по проектированию полов в зависимости от вида и интенсивности воздействий на пол, а также специальных требований, предъявляемых к покрытию пола, с учетом технологических особенностей.

2.15. В галереях, предназначенных для транспортировки абразивных сыпучих материалов (руды, черные и цветные металлы, песок, щебень), покрытия полов следует проектировать устойчивыми к абразивному воздействию шлама при гидроуборке пыли и просыпи, например полимербетонные из плотных бетонов высоких марок на заполнителях из высокопрочных инертных материалов. Лоток рекомендуется облицовывать абразивоустойчивым материалом.

2.16. При уборке просыпи способом гидросмыва в местах примыкания пола к стенам галерей следует устраивать плинтусы из материала пола высотой 200 мм.

2.17. В галереях следует предусматривать устройство бетонных или асфальтобетонных полов

Асфальтобетонные полы не допускаются при уклонах больше 10°.

2.18. При уклоне галерей более 12° в местах проходов должны предусматриваться ступени.

При уклоне от 6° до 12° включительно должны устраиваться трапы.

При сухой уборке вместо трапов и ступеней могут быть использованы дорожки из профилированной резины.

2.19. Кровельные покрытия отапливаемых галерей рекомендуется проектировать из рулонных материалов в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию кровли

2.20. Рулонные кровли в покрытиях с продольным уклоном, превышающим 14°, следует предусматривать с креплением водоизоляционного ковра и применением теплостойких мастик.

2 21. Покрытия галерей следует проектировать с выносом карниза не менее 150 мм.

2.22. Для предотвращения образования водных потоков вдоль кровли наклонных галерей и разрушения кровельных покрытий на всем протяжении галерей необходимо предусматривать специальные устройства в виде косоуложенных деревянных реек, стальных уголков и т. п. для промежуточного водосброса дождевых вод в стороны карнизов.

2.23 При высоте транспортерных галерей до уровня кровли 10 м и более следует предусматривать на кровле перила и наружные лестницы не реже чем через 200 м по длине галереи.

2 24. На кровле из асбестоцементных волнистых листов при проектировании следует предусматривать рабочие ходы шириной не менее 45 см из досок.

Ходы устраиваются вдоль коньков кровли, а также по скату кровли на расстоянии друг от друга не более 36 м.

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

3 1. Конструкция галереи состоит из пролетных строений и опор

3.2 Расстояние между осями опор галерей следует принимать равным 12, 18, 24 и 30 м Допускается при обосновании принимать эти расстояния равными 6 и 9 м, а также 36 м и более, кратными 6 м.

Указанные расстояния для наклонных участков надлежит принимать по наклону.

3 3. Выбор расстояний между опорами (пролетов) стальных галерей необходимо производить с учетом требований максимальной экономии стали

Рекомендуется принимать при высоте опор:

до 12 м — пролеты 18 м;

от 13 до 20 м — пролеты 24 м;

свыше 20 м — пролеты 30 м.

3 4 Несущие конструкции на горизонтальных участках при высоте опор до 12 м включительно и пролетах до 12 м включительно и ширине не более 3 м должны проектироваться железобетонными На наклонных участках галерей, а также на горизонтальных участках при высоте опор более 12 м и пролетах более 12 м допускается применение стальных конструкций

Примечание Пролетные строения транспортерных галерей при расстоянии между опорами до 12 м включительно допускается

выполнять деревянными при условии соблюдения требований настоящего Руководства.

3.5. Перекрытие галерей, на котором располагаются транспортеры и другое оборудование, следует, как правило, проектировать с применением сборных железобетонных плит.

3.6. По длине галереи разделяются на температурные блоки температурными швами.

3.7. В температурном блоке галерей должна предусматриваться неподвижная опора, обеспечивающая устойчивость конструкции в продольном направлении. В качестве такой опоры допускается использовать перегрузочные узлы.

3.8. Конструктивную схему галерей на стальных опорах следует принимать в соответствии со следующими унифицированными решениями, отличающимися расположением неподвижной опоры:

с неподвижной опорой примерно посередине температурного блока с консольным примыканием к зданиям;

с неподвижной опорой внизу на железобетонном фундаменте, в исключительных случаях с использованием в качестве неподвижной опоры несущего каркаса здания, к которому примыкает галерея.

3.9 Конструктивную схему галерей на стальных опорах при расположении транспортера по низу ферм рекомендуется принимать в соответствии со схемами, приведенными на рис. 1—3, конструктивную схему галерей при расположении транспортера по верху ферм — со схемами, приведенными на рис. 4—6.

3.10. Максимальное расстояние от торца температурного блока до оси неподвижной опоры при стальных опорах принимается для районов с расчетной наружной температурой: минус 40°С и выше до 120 м; ниже минус 40°С до 100 м

Это расстояние допускается увеличивать при условии обоснования расчетом.

3.11. С целью ограничения продольных деформаций в температурном шве расстояние между неподвижными (анкерными) опорами двух смежных температурных блоков галереи при стальных опорах принимается не более:

200 м для расчетных температур выше —40°С;
180 м » » » ниже —40°С.

3.12. В местах консольного примыкания галерей с целью максимального использования сборных железобетонных плит для покрытия или перекрытия целесообразно принимать длину консоли по верхнему или нижнему поясу фермы, равной длине сборной железобетонной плиты покрытия или перекрытия (для неотапливаемой галереи — только по нижнему поясу ферм). На участках, где сборная плита не размещается, устраивается монолитная железобетонная плита (рис 7).

3.13. Температурные швы могут устраиваться без вставки при высоте опоры $H \leqslant 20$ м (рис. 8,*а*), со вставкой при высоте опор $H > 20$ (рис. 8,*б*) и с консольной вставкой при любой высоте опоры (рис. 8,*в*).

3.14. Температурные блоки галерей с железобетонными опорами могут быть организованы следующим образом:

все опоры упругоподвижные; длина блоков принимается по расчету (рис. 9);

блок в пределах каждого пролета галереи. В этом случае на

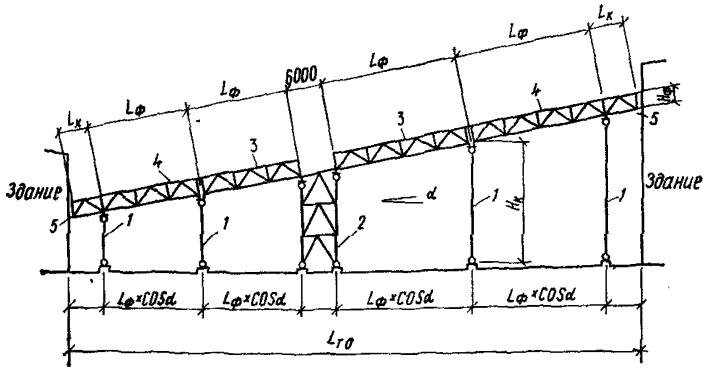


Рис. 1. Конструктивная схема галереи с расположением транспортера по низу ферм, с неподвижной (анкерной) опорой и консольным примыканием к зданиям

1 — шарнирная опора; *2* — неподвижная опора; *3* — рядовая ферма; *4* — консольная ферма; *5* — температурный шов

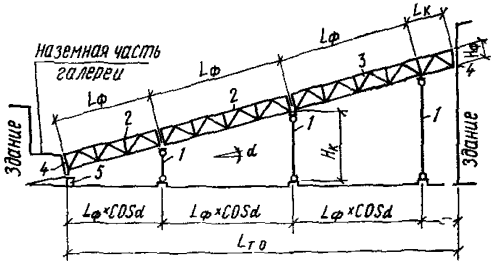


Рис. 2. Конструктивная схема галереи с расположением транспортера по низу ферм с неподвижным закреплением на железобетонном фундаменте

1 — шарнирная опора; *2* — рядовая ферма; *3* — консольная ферма; *4* — температурный шов; *5* — неподвижная опора

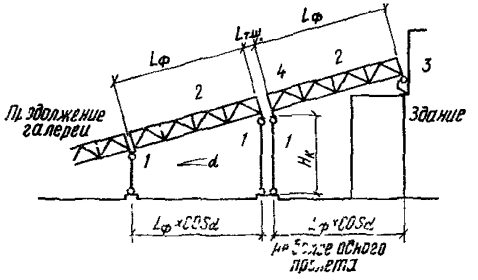


Рис. 3. Конструктивная схема галереи с расположением транспортера по низу ферм с неподвижным опиранием на здание

1 — шарнирная опора; *2* — рядовая ферма; *3* — неподвижная опора на здании; *4* — температурный шов

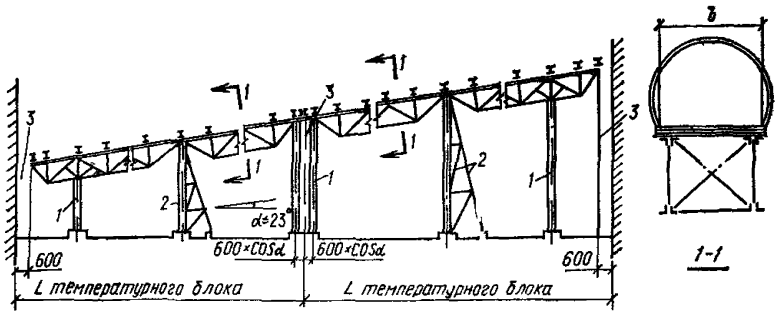


Рис. 4. Конструктивная схема наклонной галереи с расположением транспортера по верху ферм

1 — шарнирная опора, *2* — неподвижная опора; *3* — температурный шов

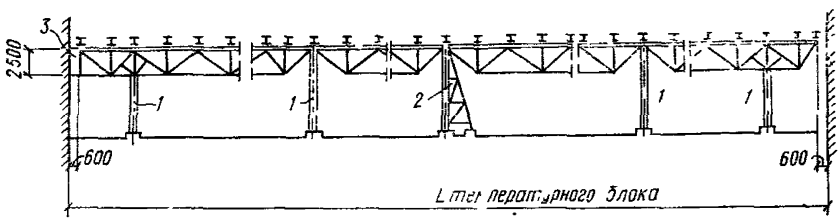


Рис. 5. Конструктивная схема горизонтальной галереи с расположением транспортера по верху ферм

1 — шарнирная опора; *2* — неподвижная опора, *3* — температурный шов

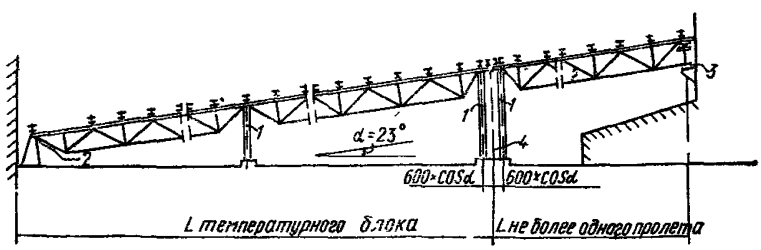


Рис. 6. Конструктивная схема галереи с расположением транспортера по верху ферм

1 — шарнирная опора; *2* — неподвижная опора на фундаменте; *3* — неподвижная опора на здании; *4* — температурный шов

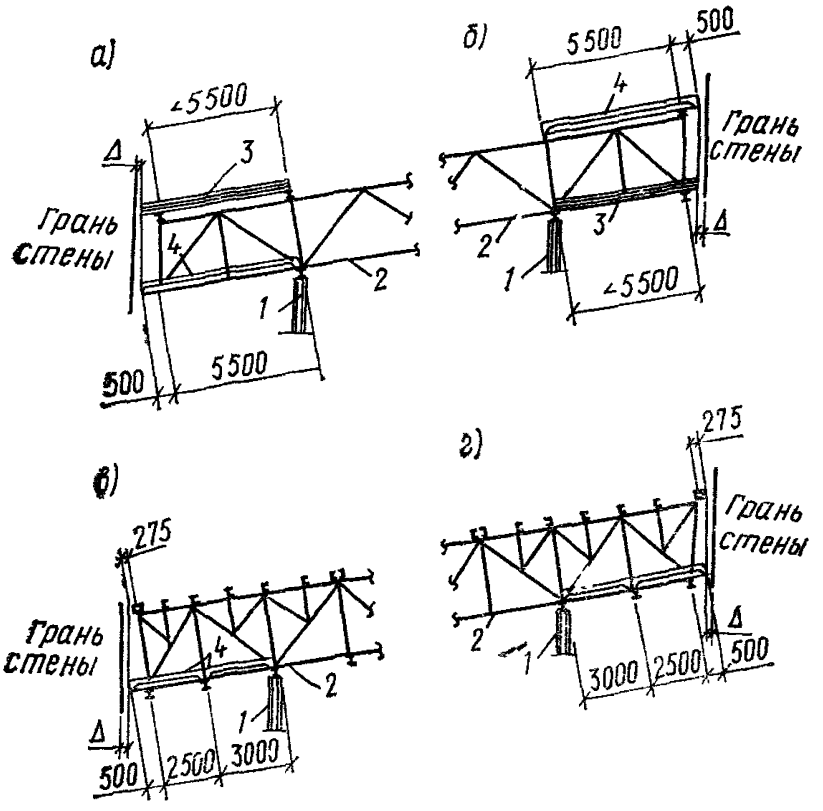


Рис. 7. Консольное примыкание ферм к зданиям

а — плита длиной 6 м в перекрытии; *б* — плита длиной 6 м в покрытии; *в, г* — плиты длиной 3 м в перекрытии, *1* — шарнирная опора; *2* — консольная ферма; *3* — монолитный участок; *4* — сборная железобетонная плита

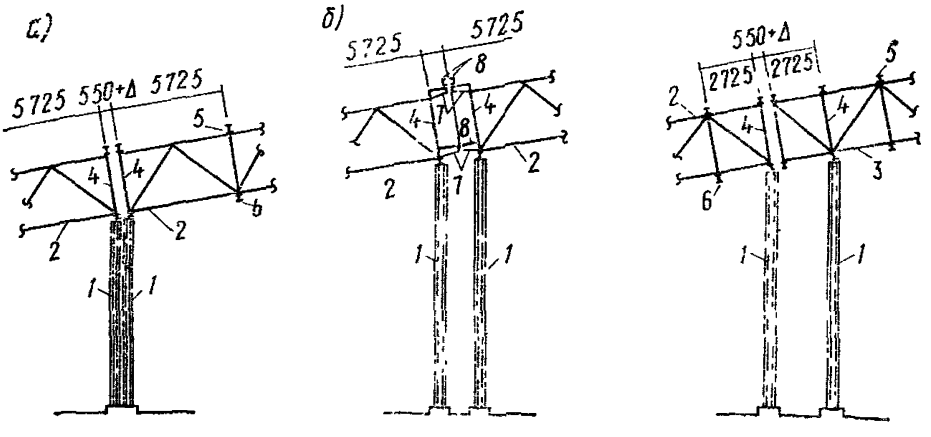


Рис. 8. Температурные швы

а — на парных опорах высотой ≤20 м; *б* — на парных опорах высотой >20 м; *в* — с консольным примыканием при любой высоте опор; *1* — шарнирная опора; *2* — рядовая ферма; *3* — консольная ферма; *4* — стойка опорной рамы; *5* — балка покрытия; *6* — балка перекрытия; *7* — дополнительная консоль; *8* — дополнительная балка

каждой железобетонной опоре устраивается одна неподвижная опора пролетного строения и одна подвижная.

Это решение позволяет не ограничивать длину галереи по соображениям температурных деформаций, так как эти деформации происходят только в пределах одного пролета (рис. 10). При этом пролетные строения не соединяют между собой. Подвижная опора может быть решена с передачей опорного давления пролетного строения через прокладки с низким коэффициентом трения, например из нафтлена или фторопласта.

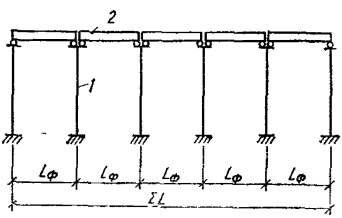


Рис. 9. Схема галереи с упругоподвижными железобетонными опорами

1 — опора; *2* — пролетное строение

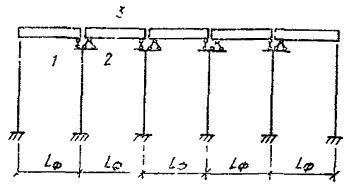


Рис. 10. Схема галереи с железобетонными опорами, в которой температурные блоки расположены в пределах каждого пролета

1 — опора подвижная; *2* — опора неподвижная; *3* — пролетное строение

3.15 Пролетное строение транспортерных галерей при расположении транспортера по низу пролетного строения образуется из главных несущих элементов — вертикальных ферм, соединенных связевыми фермами в горизонтальной плоскости по верхнему и нижнему поясу, и опорными вертикальными рамами по торцам.

3.16. При проектировании конструкций пролетных строений галерей следует учитывать возможность осуществления их монтажа крупными блоками, собранными на земле

С этой целью поперечные балки покрытия и перекрытия, расположенные в опорных узлах смежных ферм, надлежит проектировать раздельными (рис. 11).

3.17. Горизонтальные связевые фермы, объединяющие главные несущие фермы пролетного строения галереи по п. 3.15 настоящего Руководства, включают в себя пояса главных ферм, балки покрытия или перекрытия, связи покрытия и перекрытия. Передача связями на опоры продольных и поперечных сил должна обеспечиваться без учета работы ограждающих конструкций. Выбор схемы связей должен производиться в зависимости от объемно-планировочных решений:

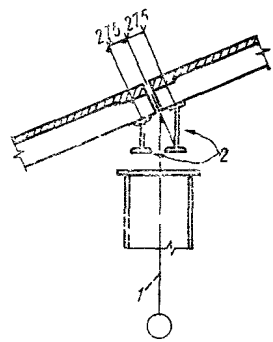


Рис. 11. Раздельные балки перекрытия пролетного строения при монтаже его блоками, собранными внизу

1 — ось опоры; *2* — балки перекрытия

в покрытии

для отапливаемой галереи с расположением стенового ограждения внутрь от ферм рекомендуется схема связей по рис. 12, 13;

для неотапливаемой галереи и отапливаемой с расположением стен снаружи от ферм рекомендуется схема связей по рис 14.

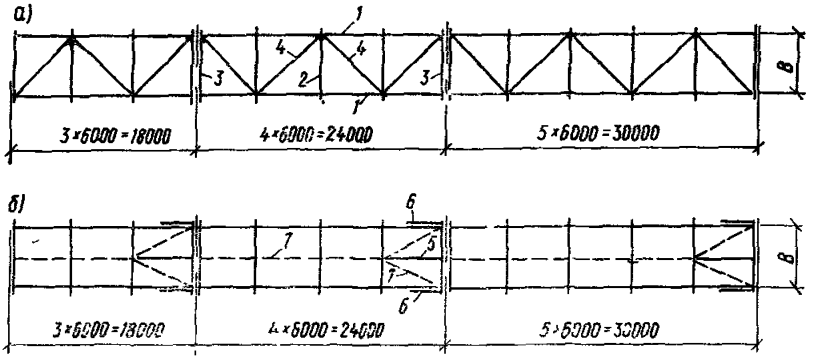


Рис. 12. План балок, тяжей и связей покрытия галерей (с расположением транспортера по низу ферм) с применением сборных железобетонных плит длиной 6 м

а — план балок и связей, *б* — план тяжей; *1* — верхний пояс фермы, *2* — рядовая балка покрытия; *3* — опорная балка покрытия — элемент опорной рамы; *4* — связь покрытия; *5* — распорка; *6* — продольная балка, *7* — тяж

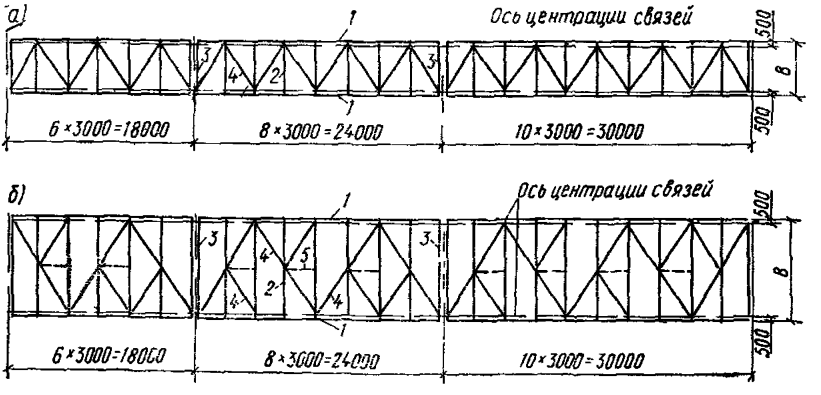


Рис. 13. План балок, тяжей и связей покрытия галерей (с расположением транспортера по низу ферм) с применением профилированного настила

а — план балок и связей для галерей шириной менее 4,8 м; *б* — план балок и связей для галерей шириной более 4,8 м; *1* — верхний пояс фермы, *2* — рядовая балка покрытия, *3* — опорная балка — элемент опорной рамы; *4* — связь покрытия, *5* — тяж

В перекрытии независимо от расположения ограждений рекомендуется схема связей по рис. 15, 16.

При расположении транспортеров по верху пролетного строения в уровне верхнего пояса ферм принимается система связей с крестовой решеткой (см. рис. 17). В местах перелома нижнего пояса и в пролете устраиваются крестовые вертикальные связи. (рис. 18),

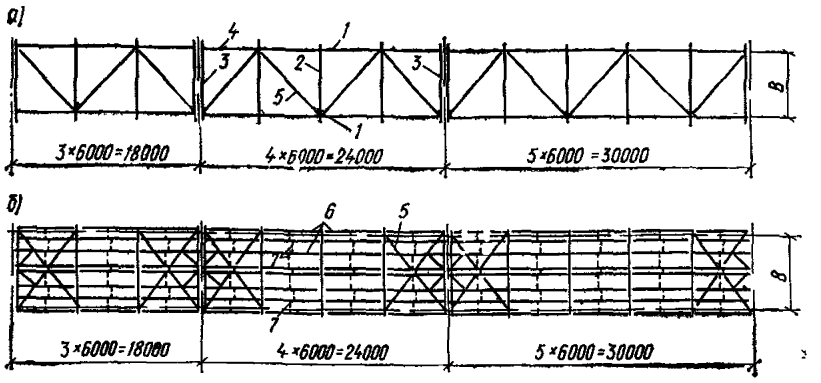


Рис. 14. План балок, тяжей и связей покрытия галерей (с расположением транспортера по низу фермы) с применением асбестоцементных листов

а — план балок и связей; *б* — план прогонов и связей; *1* — верхний пояс фермы; *2* — рядовая балка, *3* — опорная балка — элемент опорной рамы, *4* — продольная балка; *5* — связь; *6* — прогон; *7* — тяж

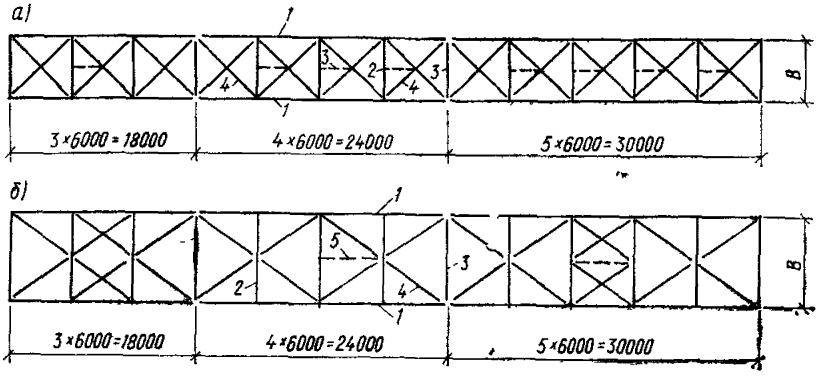


Рис. 15. План балок и связей перекрытия для сборных железобетонных плит длиной 6 м

а — для галерей шириной менее 7 м; *б* — для галерей шириной более 7 м; *1* — пояс фермы верхний, *2* — рядовая балка; *3* — опорная балка — элемент опорной рамы; *4* — связь; *5* — тяж

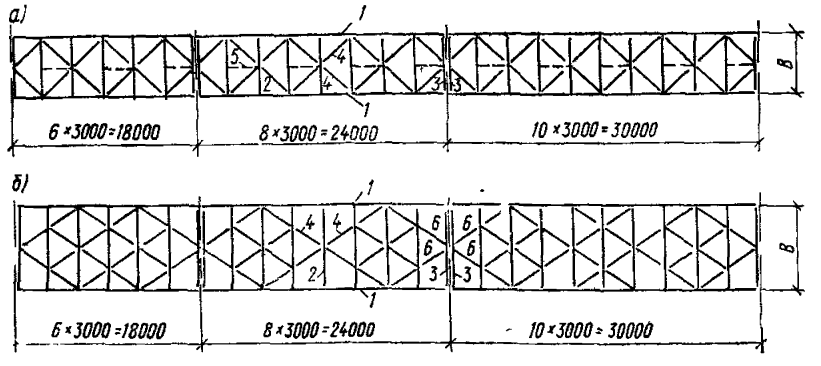


Рис. 16. План балок и связей перекрытия для сборных железобетонных плит длиной 3 м

а — для галерей шириной менее 7 м; *б* — для галерей шириной более 7 м; *1* — пояс фермы, *2* — рядовая балка перекрытия; *3* — опорная балка; *4* — связь; *5* — тяж; *6* — сжатый раскос

3.18. Опорные рамы галерей по п. 3.15 настоящего Руководства состоят из опорных стоек, являющихся одновременно опорными стойками несущих ферм пролетного строения, и ригелей, являющихся одновременно балками покрытия и перекрытия галерей. Сопряжение ригеля рамы с опорной стойкой должно проектироваться жестким.

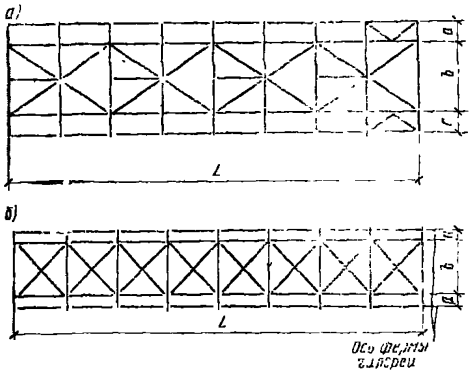


Рис. 17. Схема связей по верхним поясам фермы при расположении транспортера по верху пролетного строения
а — для галерей шириной 6 м; *б* — для галерей шириной менее 6 м

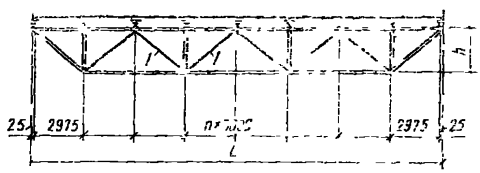


Рис. 18. Схема фермы при расположении транспортера по верху пролетного строения
1 — крестовые вертикальные связи

3.19. В галереях с наклоном свыше 5° при расположении транспортера по низу ферм в целях уменьшения пролета балок покрытий и перекрытий в плоскости верхних поясов балок устраиваются тяжи.

Скатные составляющие передаются с тяжей на пояса ферм пролетного строения, при этом в покрытии передача осуществляется с помощью балок, устанавливаемых вдоль верхних поясов ферм только в крайних панелях и связей. При расположении транспортеров по верху ферм скатные составляющие при ширине галереи 6 м передаются при помощи продольных тяжей на крестовые связи, расположенные в плоскости верхних поясов ферм. Скатные составляющие в консольных участках балок воспринимаются бортовыми элементами или тяжами и передаются на основную ферму через горизонтальные связи и продольные балки, расположенные в пределах верхней панели (см. рис. 17).

3.20. При расположении транспортера по низу пролетных строений схема ферм принимается с восходящими раскосами по рис. 1; при расположении транспортера по верху пролетных строений — с нисходящими раскосами по рис. 18.

3.21. Сечение элементов ферм стальных пролетных строений рекомендуется принимать для поясов и раскосов составное тавровое из двух горячекатаных уголков, для опорных стоек — сварные сечения в виде двутавров, для промежуточных стоек — крестовое из двух горячекатаных уголков.

3.22. Сопряжение ферм со стальными опорами рекомендуется выполнять шарнирным путем опирания фермы через центрирующую планку на горизонтальную плиту оголовка опоры. Конструкция узла должна обеспечить работу ферм по разрезной схеме и передачу продольных сил с пояса одной фермы на пояс смежной фермы и на неподвижную опору при помощи стыковых накладок.

С целью уменьшения величины изгибающего момента, возникающего в опорном узле ферм в результате поворота опорного сечения от вертикальной нагрузки, рекомендуется стыковые накладки приваривать после установки и монтажа всех строительных конструкций галереи.

3 23. Применение опорных частей пролетных строений каткового типа не рекомендуется.

3 24 Стальные опоры галерей подразделяются на:

шарнирные (плоские) опоры, состоящие из ветвей опор, находящихся непосредственно под опорными узлами ферм, и вертикальных поперечных пространственных связей по ветвям (рис. 19);

неподвижные (анкерные) пространственные опоры, состоящие из шарнирных опор, вертикальных продольных связей между ними и горизонтальных диафрагм. Виды неподвижных опор представлены на рис 20, 21. Неподвижная (анкерная) опора с подкосом рекомендуется для применения только в галереях с расположением транспортера выше несущих конструкций (рис. 22).

Стальные опоры должны, как правило, проектироваться так, чтобы ветви опоры располагались по оси ферм пролетного строения

3.25. Сечение ветвей опор принимается двутавровым (сварным или прокатным)

Усиление поясов прокатных двутавров листами не допускается

Рекомендуется принимать сечение ветвей с высотой стенки

500 мм для опор высотой менее 20 м,

900 мм » » » более 20 м.

3 26. Сечение решетки стальных плоских опор рекомендуется принимать для галерей шириной:

до 5,5 м из двух неравнобоких уголков;

более 5,6 м из двух прокатных швеллеров, соединенных планками, либо из гнутосварного профиля.

Связи верхней панели опоры проектируются пространственными — при опирании на ветвь опоры двух ферм и плоскими — при опирании на ветвь одной фермы.

3.27. Углы наклона раскосов связей плоских опор следует принимать равными 40—50°.

3.28 Сопряжение стальных опор с фундаментами следует осуществлять;

при высоте до или равной 14 м с помощью башмака, устанавливаемого с центрирующей планкой на стальную плиту; стальная плита устанавливается на фундамент по методу безвыверочного монтажа;

при высоте опор более 14 м — башмаки опор устанавливаются непосредственно на фундамент с последующей подливкой. Расстояние между анкерными болтами в обоих направлениях не должно быть более 250 мм.

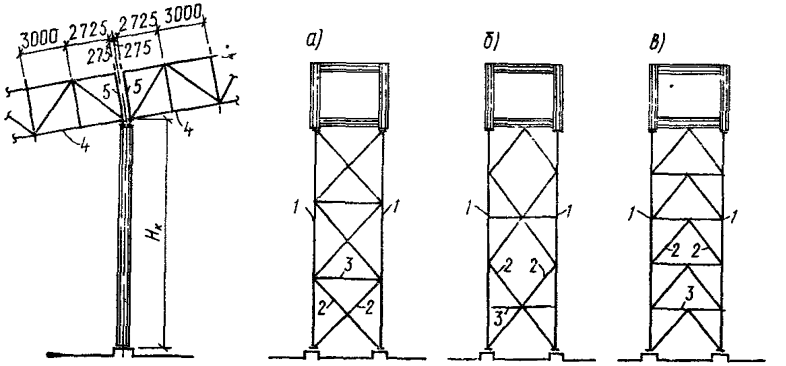


Рис. 19. Шарнирные (плоские) опоры галерей

а — с крестовой решеткой; *б* — с ромбической решеткой; *в* — с треугольной решеткой; *1* — ветвь опоры, *2* — связь; *3* — распорка; *4* — рядовая ферма, *5* — стойка опорной рамы

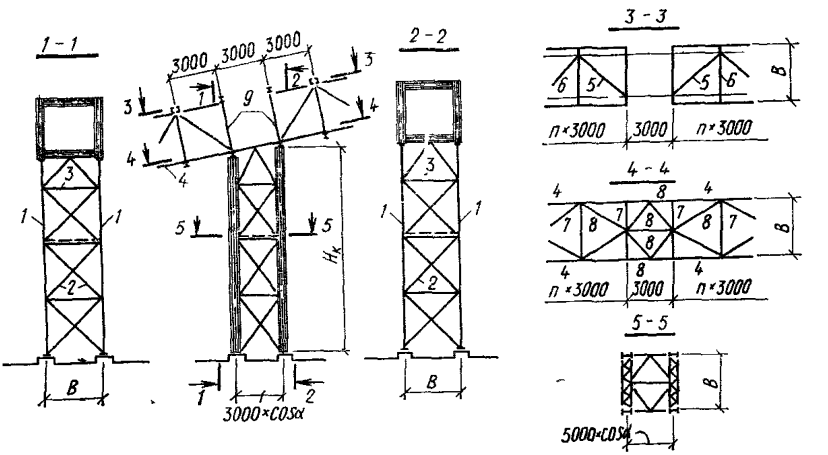


Рис. 20. Неподвижная (анкерная) опора высотой менее 15 м

1 — ветвь опоры; *2* — связь; *3* — распорка; *4* — рядовая ферма; *5* — связь покрытия; *6* — балка покрытия; *7* — балка перекрытия; *8* — связь перекрытия; *9* — стойка опорной рамы

При наличии отрывающих усилий передачу горизонтальных сил на фундамент следует осуществлять с помощью стальных элементов, закладываемых в фундамент.

3.29. Передачу отрывающих сил со стальных опор на анкерные болты, заделываемые в фундамент, рекомендуется обеспечивать при отрывающем усилии:

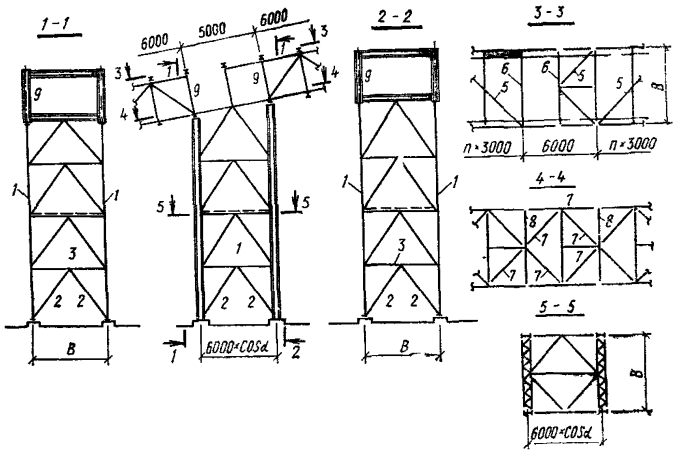


Рис. 21. Неподвижная (анкерная) опора высотой более 15 м

1 — ветвь опоры, *2* — связь; *3* — распорка, *4* — рядовая ферма, *5* — связь покрытия; *6* — балка покрытия, *7* — связь перекрытия; *8* — балка перекрытия; *9* — стойка опорной рамы

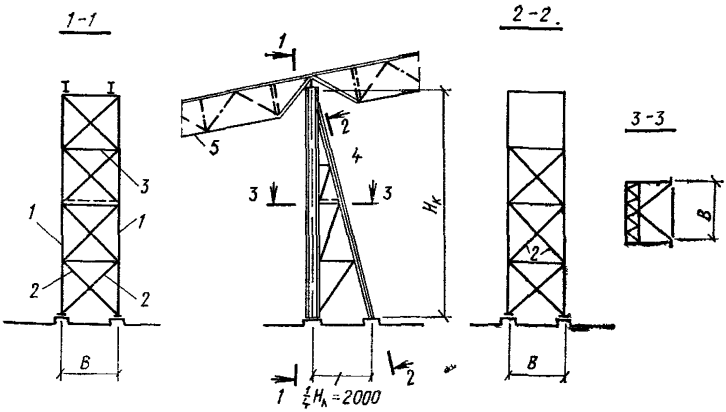


Рис. 22. Неподвижная (анкерная) опора с подкосом для галерей с расположением транспортера по верху ферм

1 — ветвь, *2* — связь; *3* — распорка; *4* — подкос; *5* — рядовая ферма

до 70 тс — плитой башмака опоры (рис 23);

больше 70 тс — применением повышенных шайб (рис. 24).

3.30. Для железобетонных опор галерей рекомендуется использовать унифицированную опалубку колонн по действующим типо-

вым сериям. Колонны в каждом отдельном случае должны быть проверены расчетом на конкретные нагрузки, армирование при необходимости может быть изменено. Больший размер сечения колонны должен быть ориентирован вдоль оси галереи.

Для опор также могут быть использованы другие решения, например круглые центрифугированные железобетонные колонны.

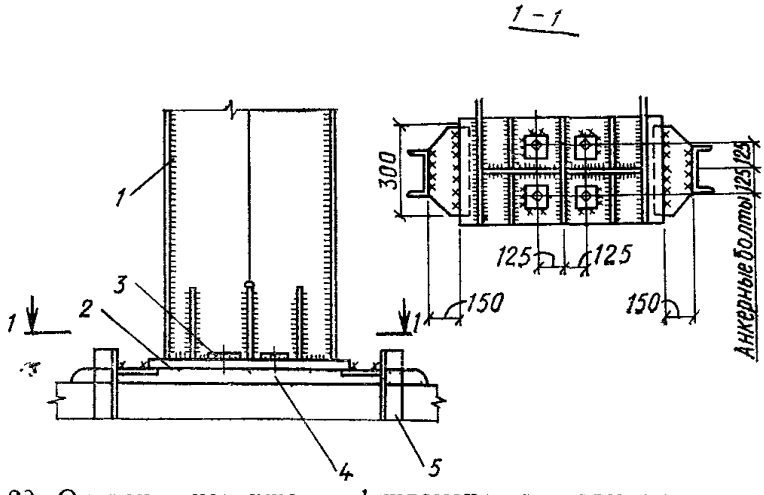


Рис 23. Опирание колонны на фундамент при отрывающем усилии до 70 тс

1 — колонна, *2* — плита башмака; *3* — шайба; *4* — анкерные болты, *5* — закладной элемент в фундаменте

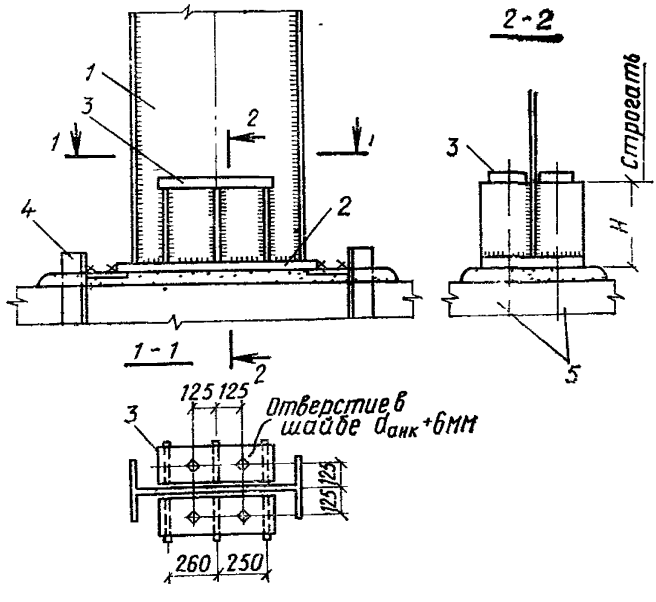


Рис 24. Опирание колонны на фундамент при отрывающем усилии, равном или свыше 70 тс

1 — колонны, *2* — плита башмака; *3* — повышенная шайба; *4* — закладной элемент в фундаменте, *5* — анкерные болты

4. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

4 1. Пролетные строения и опоры галерей следует рассчитывать на:

атмосферные воздействия (снег, ветер, перепад температур);

вертикальные нагрузки от собственного веса галерей транспортера, транспортируемого на ленте груза, веса просыпи, ремонтных материалов и от людей;

продольные нагрузки, передающиеся от ленточных транспортеров,

динамические нагрузки, создаваемые подвижными частями транспортера,

нагрузки от отложения производственной пыли;

аварийные нагрузки от обрыва и заклинивания ленты транспортера.

4.2. Нагрузки от атмосферных воздействий принимаются по главе СНиП по нагрузкам и воздействиям. При определении ветровой нагрузки динамическая составляющая определяется и учитывается в расчетах только для галерей с периодом собственных колебаний более 0,25 с.

Период собственных колебаний (T), с определяется без учета податливости основания по следующей формуле:

$$T = \sqrt{\delta_1 M}, \qquad (1)$$

где δ_1 — перемещение верхней точки опоры галереи под действием единичной силы, приложенной в той же точке;

$$M = \frac{Q}{g},$$

где Q — нагрузка на опору,

$g = 9{,}81$ — ускорение свободного падения.

4 3. Нагрузки от отложений производственной пыли принимаются по техническим условиям на проектирование конкретной площадки Коэффициент перегрузки принимается равным 1,4.

4.4. Вертикальные нагрузки от транспортера, транспортируемого на ленте груза, веса просыпи, ремонтных материалов и от людей принимаются по технологическим заданиям. Схема расположения технологических нагрузок дана на рис. 25.

При отсутствии данных в задании допускается определять указанные нагрузки по таблицам в прил. 4 с подтверждением их технологической организацией в каждом конкретном случае.

4.5. Нагрузка от веса транспортируемого груза и ленты передается через станину транспортера на перекрытие нормально ленте, в прямолинейных наклонных транспортерах она равна:

$$P_0 = n\ (q_м + 2\,q_л)\ \cos\alpha. \qquad (2)$$

Нагрузки от веса металлоконструкций транспортера и роликов передаются вертикально (рис. 25).

Схема передачи сил на перекрытие от веса груза и ленты показана на рис 26.

4 6 Нормальная нагрузка ($q_к$), кгс/м, на криволинейных выпуклых участках транспортеров всегда направлена радиально (рис. 27) и определяется по формуле

$$q_к = \left[(q_м + 2q_л)\cos\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + \frac{S_р + S_х}{R}\right] n, \qquad (3)$$

где $S_р$ и $S_х$ — усилия в рабочей и холостой ветвях ленты по концам криволинейного участка, кгс, принимаемые по технологическому заданию;

R — радиус кривизны транспортера;

α_1 и α_2 — углы наклона транспортера до и после кривой, рад.

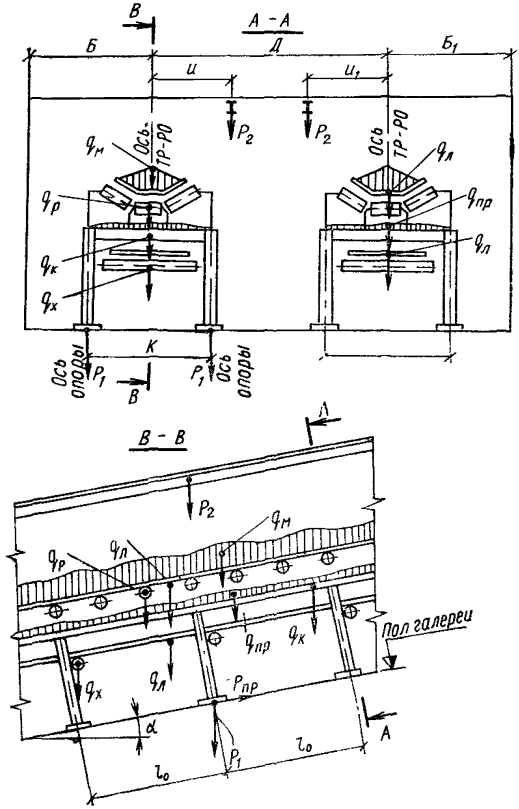


Рис. 25. Схема расположения технологических нагрузок от ленточных транспортеров и подъемно-транспортных устройств

Равнодействующая этих нагрузок ($Q_к$), кгс, действует по биссектрисе угла перелома трассы, а величина ее определяется по формуле

$$Q_к = n\ [(\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2)\ (q_м + 2q_л) + (\alpha_1 - \alpha_2)\ (S_р + S_х)]. \qquad (4)$$

4.7. Временную нормативную нагрузку от веса просыпи, людей и деталей принимать по табл. 1.

Коэффициент перегрузки принимается в соответствии с требованиями главы СНиП по нагрузкам и воздействиям.

Таблица 1

Нормативный объемный вес транспортируемого материала, кгс/м³	Нормативная нагрузка, кгс/м²
До 1000	150
1700	200
2500 и более	300

Нагрузка принимается по всей площади перекрытия, включая площадь под транспортерами.

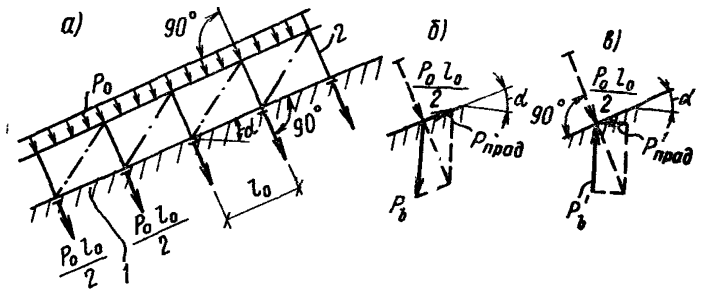


Рис. 26. Передача нагрузки от веса ленты с грузом через станину транспортера на конструкции галереи

а — схема передачи нагрузки; *б, в* — возможные схемы разложения нагрузки, *1* — перекрытие галереи, *2* — станина транспортера;

$$P_0 = n(q_м + 2q_л)\cos\alpha;$$

нагрузки на одну стойку станины транспортера·

$$P_{прод} = \frac{P_0 l_0}{2}\operatorname{tg}\alpha;\quad P'_{прод} = \frac{P_0 l_0}{2}\sin\alpha;$$

$$P_в = \frac{P_0 l_0}{2\cos\alpha};\quad P'_в = \frac{P_0 l_0}{2}\cos\alpha$$

4.8. В примыканиях галерей к перегрузочным узлам и зданиям при наличии перепада высот, нагрузки от снега и производственной пыли следует принимать одновременно действующими и расположенными на площади квадрата со стороной, равной ширине галереи, с коэффициентом перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие $C=2$.

Требования главы СНиП II-91-77 относятся к галереям шириной до 6 м включительно. При ширине галереи свыше 6 м нагрузка принимается по главе СНиП по нагрузкам и воздействиям.

4.9. Продольные нагрузки, передающиеся от ленточных транспортеров, вызываются разностью сил сопротивления роликов транспортера и сил инерции вращения роликов.

4.10. Величина продольных нагрузок τ_0, вызываемых разностью сил сопротивления роликов транспортера, определяется по прил. 5

по исходным данным, принимаемым по технологическому заданию; нагрузки направлены по ходу грузовой ветви ленты транспортера.

4.11. Продольные нагрузки $\tau_п$, вызываемые разностью сил инерции вращения рабочих и холостых роликов, передаются на пролетное строение галереи в период пуска транспортера Величина их определяется по прил 6 по исходным данным, приведенным в технологическом задании

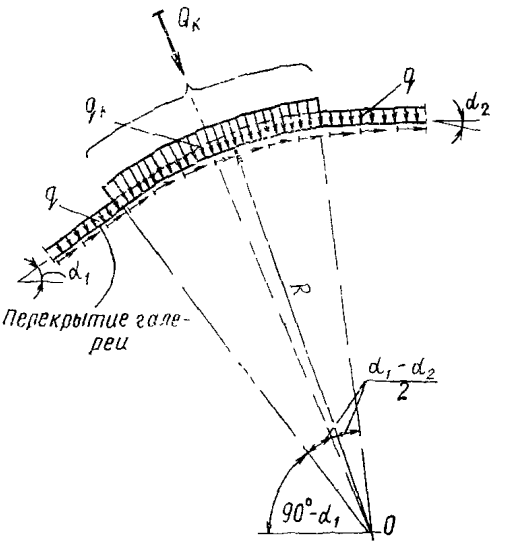


Рис 27 Схема нагрузок от транспортера на выпуклом криволинейном участке

4.12 Суммарная нагрузка на каждый метр длины от сил трения и инерции вращающихся роликов, возникающих в период пуска груженого транспортера, направлена по ходу грузовой ветви и вычисляется по формуле

$$\tau_п^{max} = 1,5\,\tau_0 + \tau_п$$

Коэффициент 1,5 учитывает увеличение сил трения при пуске транспортера

4.13 Экстренные аварийные нагрузки возникают при обрыве или заклинивании ленты в пределах галереи. Эти нагрузки передаются на станину транспортера и через нее на пролетное строение и опоры галереи. Экстренные аварийные нагрузки можно учитывать как статические

4.14. Нагрузка, возникающая от заклинивания ленты, направлена вдоль оси транспортера в любую сторону.

Нагрузка, возникающая при обрыве ленты, передается на галерею как в продольном, так и в поперечном (в вертикальной плоскости) направлении. Продольная нагрузка может быть направлена в любую сторону по оси галереи.

Поперечная нагрузка направлена для транспортеров:

не оборудованных улавливающим устройством — нормально ленте вверх;

оборудованных улавливающим устройством — нормально ленте вниз

Эти нагрузки прикладываются вместо нагрузок, действующих на транспортер при эксплуатации.

Расчетные величины нагрузок, возникающих при заклинивании и обрыве ленты, определяются по прил. 7 по данным, приведенным в технологическом задании.

4.15. Классификация нагрузок в соответствии с главой СНиП по нагрузкам и воздействиям приведена в табл 2

Таблица 2

Классификация нагрузок	Наименование нагрузок
Постоянные	От собственного веса строительных конструкций галерей
Временные длительные	От веса станины и роликоопор транспортера
	От веса ленты и транспортируемого материала
	От веса сетей и промышленных проводок
	Продольные нагрузки, вызываемые разностью сил сопротивления роликов транспортера
	От веса отложений производственной пыли
Кратковременные	От веса просыпи, людей и деталей
	От веса снегового покрова
	От подвесного транспорта
	Продольная нагрузка, вызываемая разностью сил инерции вращающихся роликов
	Ветровые
	Продольные нагрузки, вызываемые температурными климатическими воздействиями
Особые	Аварийные (экстренные), вызываемые обрывом или заклиниванием ленты транспортера

4.16. Динамические нагрузки на галерею возникают от:

дисбаланса вращающихся масс роликов верхней и нижней ветвей ленты;

радиального биения (геометрической неуравновешенности роликов), вызывающего поперечные колебания ветвей ленты и транспортируемого груза,

ударов ленты по рабочим роликам, вызванных транспортировкой тяжелых крупнокусковых грузов

Динамические нагрузки определяются по прил. 8.

В случае отсутствия данных в задании, нагрузки могут быть определены в соответствии с приложением, с учетом требований, изложенных в п. 5.21 настоящего Руководства.

5. РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5 1. Расчет строительных конструкций галерей рекомендуется производить в следующей последовательности:

выбор расчетной схемы;

определение статических нагрузок от атмосферных воздействий, собственного веса конструкций, статических технологических нагрузок;

расчет и подбор элементов ограждающих конструкций стен, покрытий и перекрытий,

составление расчетных сочетаний статических нагрузок для несущих конструкций;

статический расчет поперечных балок покрытия, перекрытия и ферм пролетного строения;

предварительный подбор сечений поперечных балок и элементов ферм пролетного строения на статические нагрузки,

определение динамических характеристик пролетных строений,

проверка возможности резонанса конструкций пролетного строения и принятие мер с целью выхода из резонанса (изменение длины пролета, диаметра роликов транспортера, скорости ленты и пр.),

определение динамических вертикальных (нормальных) нагрузок (в случае необходимости учета динамических нагрузок);

определение динамических усилий в сечениях поперечных балок покрытия, перекрытия и в элементах ферм пролетного строения;

окончательный подбор сечений балок покрытия и перекрытия и элементов ферм пролетного строения с учетом динамических усилий;

составление расчетных сочетаний нагрузок для неподвижных и шарнирных опор галереи с учетом статических нагрузок,

подбор сечений элементов и расчет креплений пролетных строений на опорах галереи.

Расчет оснований и фундаментов под опоры галереи.

5.2. В случае когда в качестве ограждения покрытия применяется профилированный настил, его расчет надлежит производить по неразрезной схеме. В наклонных галереях необходимо учитывать продольное растягивающее усилие в настиле, равное сумме скатных составляющих в пределах пролета

5.3. Стальные конструкции пролетного строения галереи расчленяются на две системы — поперечную и продольную. Работа каждой из этих систем под нагрузкой принимается независимой.

5.4. В наклонных галереях балки покрытия и перекрытия рассчитываются на нагрузки, действующие в плоскости и из плоскости, и осевую силу как элементы горизонтальной фермы. В конструкциях перекрытия или покрытия, выполненных из железобетонных плит, нагрузки от скатной составляющей передаются на балку только от собственного веса железобетонных плит без учета железобетонного диска. Скатные составляющие от всех остальных нагрузок, приложенных к перекрытию или покрытию, воспринимаются железобетонным диском и передаются на пояса ферм.

Подбор сечений балок производится следующим образом: на изгибающий момент от скатных составляющих проверяется только верхний пояс балки. На изгибающий момент от нагрузок в плоскости балки и осевую силу проверяется все сечение. Напряжения от нагрузок в плоскости и из плоскости в верхнем поясе балок суммируется.

5.5. Общая устойчивость балок перекрытия и покрытия должна обеспечиваться прикреплением к их верхнему поясу сборных железобетонных плит, профилированного настила или другим способом.

5.6. Ферма пролетного строения должна рассчитываться на вертикальные узловые нагрузки как разрезная свободно опертая конструкция в предположении шарнирного сопряжения в узлах.

Жесткие соединения элементов в узлах необходимо учитывать при невыполнении условий, приведенных в главе СНиП по проектированию стальных конструкций.

При учете дополнительных напряжений от жесткости узлов коэффициент условий работы элементов принимается равным 1,2.

5.7. Расчетные узловые нагрузки на ферму пролетного строения должны включать в себя:

постоянные нагрузки от:

собственного веса ферм;

собственного веса покрытия,

собственного веса перекрытия;

собственного веса стенового ограждения,

временные кратковременные:

полезная нагрузка на перекрытие, снеговая нагрузка и пыль на покрытие,

ветровая нагрузка (для неотапливаемых галерей с двускатной кровлей);

временные длительные:

технологические нагрузки от транспортеров. Определяются с учетом п 4 5. настоящего Руководства.

Расчетная схема ферм с узловыми нагрузками приведена на рис 28

5.8. При статическом расчете ферм необходимо учитывать нормальные усилия в стержнях ферм и изгибающие моменты, возникающие в отдельных стержнях ферм.

Нормальные усилия определяются от:

вертикальных нагрузок во всех элементах ферм,

поперечной ветровой нагрузки в поясах ферм;

продольной ветровой нагрузки в нижних поясах ферм;

продольных нагрузок от транспортеров, в том числе и аварийных,

продольных сил, возникающих в результате температурных деформаций галереи.

Изгибающие моменты определяются:

а) при расположении транспортеров по низу ферм:

для рядовых стоек ферм от ветровой нагрузки;

для опорных стоек ферм как элементов опорной рамы от ветровой и других нагрузок, рис. 29;

б) независимо от расположения транспортеров:

для опорного раскоса и крайней панели нижнего пояса от эксцентричного приложения вертикального опорного давления фермы при величине эксцентриситета, равного 1 см, горизонтальной реак-

ции ветви опоры (как стойки с шарнирными концами), возникающей при разных опорных реакциях двух смежных ферм,

для поясов ферм от эксцентричного приложения скатных нагрузок балок покрытия и перекрытия, при наличии эксцентриситетов, при изменении сечения пояса и от внеузлового приложения нагрузки.

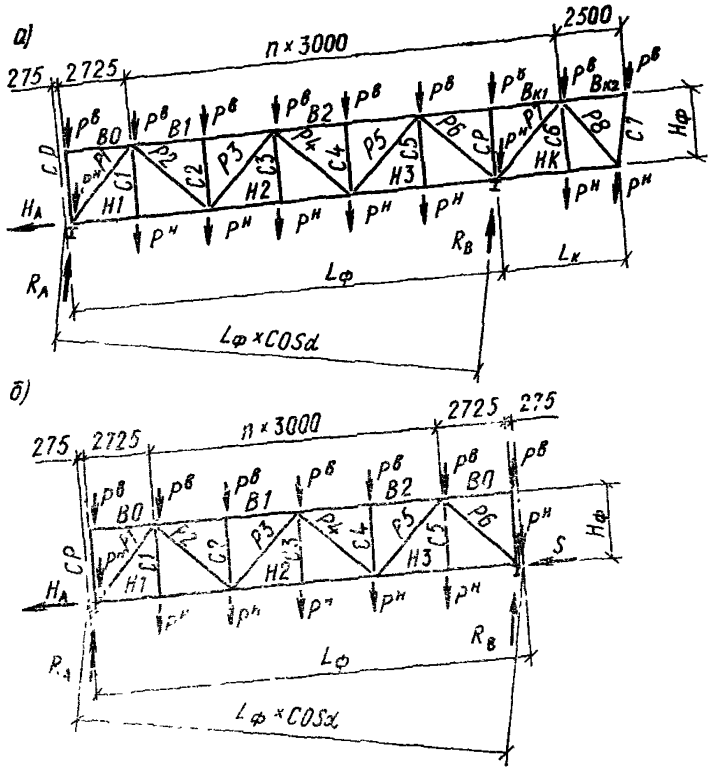


Рис. 28. Расчетные схемы ферм пролетного строения
а — консольная ферма с длиной консоли до 6 м; *б* — рядовая ферма ($P^в$ и $P^н$ направлены вертикально)

5 9. При расположении транспортера по низу фермы усилия в связях по верхним поясам ферм определяются от ветровых нагрузок Усилия в тяжах определяются от скатных составляющих всех нагрузок на покрытие в зависимости от расчетной схемы балок покрытия. При подборе сечений связи рекомендуется подбирать как для сжатых элементов.

Усилия в связях по нижним поясам ферм определяются от ветровых нагрузок и от скатных составляющих всех нагрузок на перекрытии в зависимости от расчетной схемы балок перекрытия и связей При подборе сечений связи рекомендуется принимать растянутыми, кроме опорных элементов при связях по рис. 16, которые принимаются сжатыми.

5 10 При расположении транспортеров по верху ферм усилия в связях по верхним поясам определяются от ветровых нагрузок

и от скатных составляющих всех нагрузок на перекрытии в зависимости от расчетной схемы балок перекрытия и связей.

5.11. Опорные рамы галерей рассчитываются на усилия от ветровых нагрузок и нагрузок на покрытия.

При расчете ригеля рамы необходимо учитывать скатные составляющие нагрузки на верхний пояс ригеля.

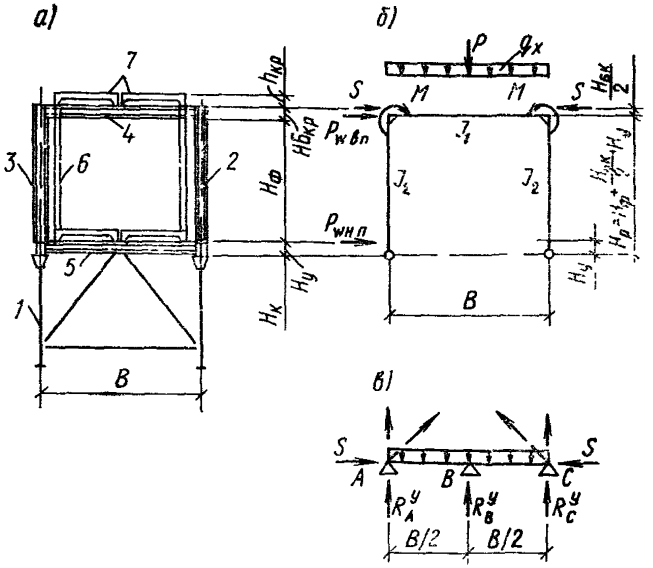


Рис. 29. Поперечная опорная рама

а — конструктивная схема; *б* — расчетная схема в плоскости рамы; *в* — расчетная схема из плоскости рамы; *1* — опора; *2* — ферма; *3* — стойка опорной рамы, *4* — ригель рамы; *5* — балка перекрытия; *6* — стеновые панели; *7* — сборные железобетонные плиты

Расчетную схему опорной рамы см. на рис. 29.

5.12. Плоская шарнирная опора рассчитывается на нагрузки:

вертикальное давление ферм пролетного строения;

вертикальная реакция балок перекрытия, приходящихся непосредственно на опору;

реакция горизонтальных связевых ферм от ветровой нагрузки на пролетное строение, приложенная выше отметки верха колонны;

ветровая, приложенная непосредственно к опоре.

5.13. При подборе сечений ветвей опоры должны быть рассмотрены следующие комбинации усилий:

максимальное нормальное усилие от всех нагрузок с учетом момента, возникающего от разности опорных давлений примыкающих ферм пролетных строений (при разных пролетах ферм);

максимальный изгибающий момент, определяемый при отсутствии временных нагрузок в меньшем или равном пролете и соответствующие ему нормальные усилия на ветвь колонны.

Кроме момента, действующего на ветвь опоры вдоль оси галереи при эксцентричном прикреплении балок перекрытия к оголовку ветви, учитывается момент, действующий поперек оси галереи

5.14. Расчетные длины ветвей плоских опор при проверке устойчивости принимаются равными:

в продольном направлении (относительно оси галереи) — высоте опоры от низа базы до оси нижнего пояса фермы;

в поперечном направлении (в плоскости опоры) — расстоянию между центрами узлов связей.

При этом должна быть проверена общая устойчивость опоры в целом как составного стержня, защемленного в фундаменте и свободного поверху.

Поперечные смещения оси галереи не должны превышать $^1/_{250}$ высоты опоры.

5.15 Раскосы решетки опоры рассчитываются как сжатораст-янутые стержни на усилия от ветровой нагрузки с одновременным учетом усилий, возникающих от обжатия ветвей.

При ромбической и треугольной решетках в верхней панели связей должны быть дополнительно определены усилия от горизонтальных опорных реакций (распора) поперечных опорных рам от вертикальных нагрузок Гибкость элементов решетки не должна превышать 150.

5.16. Неподвижная (анкерная) опора рассчитывается на вертикальные и горизонтальные нагрузки в обоих направлениях.

5.17. Величина суммарной продольной нагрузки ($\Sigma P_{\text{прод}}$), тс, на неподвижную опору определяется по формуле

$$\sum P_{\text{прод}} = W_{\text{прод}} + \sum_{1}^{n} P_{\text{прод}}^{\text{темп}} + \sum P_{\text{прод}}^{\text{тр}}, \qquad (5)$$

где $W_{\text{прод}}$ — суммарная продольная ветровая нагрузка на опору;

$\Sigma P_{\text{прод}}^{\text{темп}}$ — суммарная нагрузка на опору от температурных перемещений пролетного строения галереи,

$\Sigma P_{\text{прод}}^{\text{тр}}$ — то же, от транспортеров;

$W_{\text{прод}} = 0{,}2\ W_{\text{поп}}$, где $W_{\text{поп}}$ — полная поперечная ветровая нагрузка на температурный блок, приходящийся на одну неподвижную опору.

$$\sum_{1}^{n} P_{\text{прод}}^{\text{темп}} = m \sum_{1}^{n} \frac{3\,\Delta\,E\,I}{H^3}, \qquad (6)$$

где Δ — величина перемещения каждой плоской опоры в продольном направлении, см. $\Delta = 0{,}001\ L_i$,

L_i — расстояние от плоской опоры до неподвижной, см;

в формуле для определения Δ учтены перемещения ферм от вертикальной нагрузки;

где H — высота плоской опоры, см;

E — модуль упругости стали, кгс/см²;

m — коэффициент условий работы, равный 0,5.

При высоте плоских опор $H \leqslant 14$ м нагрузки от температурных перемещений плоских опор $P_{\text{прод}}^{\text{темп}}$ не определяются, так как опоры, имеющие центрирующую планку в нижнем узле, свободно поворачиваются, не вызывая усилий в пролетном строении.

Продольные нагрузки от транспортеров на 1 м — τ определяются по указаниям разд. 4 настоящего Руководства

Нагрузка на неподвижную опору определяется по формуле

$$\Sigma P^{тр}_{прод} = \tau L,$$

где L — длина температурного блока, приходящегося на одну неподвижную опору, м.

5.18. При проверке несущей способности асбестоцементных самонесущих ограждающих оболочек схемы нагрузок на них принимаются по рис. 30.

5.19. Важнейшей динамической характеристикой пролетного строения галереи является частота собственных поперечных колебаний. При динамических расчетах галерей можно учитывать только первую частоту собственных колебаний (Θ), 1/с, среднее вероятное значение которой может быть определено по формуле

$$\theta = \alpha \frac{\beta}{l} \sqrt{\frac{E h P^*}{R_0 P_0}}, \qquad (7)$$

где α — коэффициент, принимаемый равным.
для галерей с расположением транспортера по низу ферм 9, а по верху ферм — 10,5;

β — коэффициент, принимаемый равным единице при расчете среднего пролетного строения и по номограмме на рис. 31 — крайнего пролетного строения с консолью;

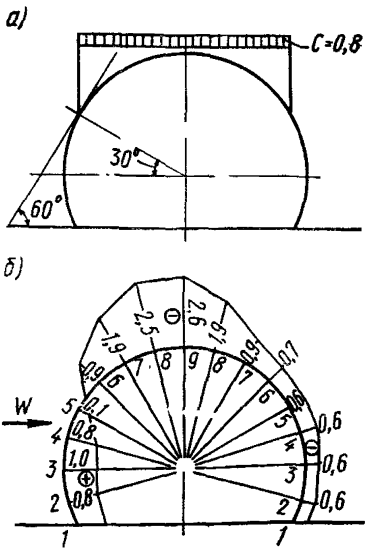


Рис. 30. Схема нагрузок на самонесущие оболочки-ограждения
а — снеговая нагрузка; *б* — ветровая нагрузка

P_0 — расчетный вес пролетного строения со всеми нагрузками, имеющими массу, за исключением нагрузок от толпы, просыпи и деталей, кгс/см;

P^* — расчетный вес пролетного строения со всеми временными нагрузками, обладающими массой, кгс/см;

R_0, E — расчетное сопротивление и модуль упругости материала поясов главных ферм, кгс/см^2;

h, l — расчетная высота и длина пролета главных ферм, м.

5.20. Вынужденная круговая частота колебания галереи определяется по формулам:

$$\omega_р = \frac{2v}{d_р}; \quad \omega_х = \frac{2v}{d_х}, \qquad (8)$$

где V — скорость движения ленты транспортера, см/с,
$d_р$, $d_х$ — диаметр рабочего и холостого ролика, см.

5.21. Проверку прочности строительных конструкций галерей от воздействия динамических нагрузок можно не производить, если выполняются следующие условия:

$$0{,}8\theta > \omega_p > 1{,}2\theta; \qquad (9)$$

$$0{,}8\theta > \omega_x > 1{,}2\theta.$$

5.22 Влияние воздействия динамических нарузок допускается учитывать только введением коэффициента динамичности к массе транспортера с грузом в следующих случаях:

а) при выполнении условия 9,

б) для пролетов стальных несущих конструкций до 12 м включительно;

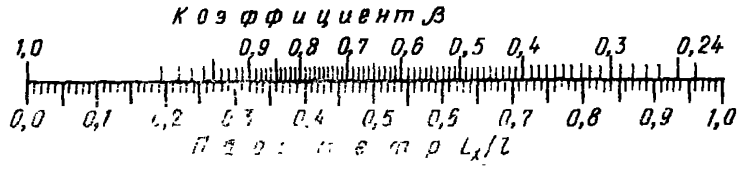


Рис. 31. Номограмма для определения коэффициента β
L_x — длина консоли главной фермы, м, l — пролет фермы

в) для железобетонных и деревянных несущих конструкций.

Величина коэффициента динамичности принимается равной: 1,2 — при транспортировании мелкокусковых грузов; 1,3 — при транспортировании грузов при крупности кусков по ребру более 250 мм.

5.23. Если выполнить условие (9) невозможно посредством изменения изгибной жесткости пролетного строения (без существенного увеличения расхода материала), необходимо выполнить проверку прочности несущих конструкций галерей с учетом динамических воздействий. При расположении транспортера по низу ферм учет динамического воздействия выполнять по прил. 8.

При расположении транспортера по верху ферм учет динамического воздействия производится посредством расчленения пролетного строения на отдельные несущие элементы, которые проверяются согласно Инструкции по расчету несущих конструкций промышленных зданий и сооружений на динамические нагрузки.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ ГАЛЕРЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКТИВНЫМИ СХЕМАМИ

1. Типовая серия ИС-01-15 (выпуски I, II, III, IV, V, VI) «Отапливаемые транспортерные галереи пролетами 18, 24 и 30 м», разработана применительно к условиям строительства в климатических районах с расчетной зимней температурой минус 40° и выше и величинами скоростного напора ветра и снегового покрова, установленных для III географического района.

Конструкции галерей не рассчитаны на применение в районах с просадочными или вечномерзлыми грунтами, а также для транспортирования горячих, парящих и особо агрессивных материалов. Выпуск VI серии рассчитан на применение в районах строительства с сейсмичностью выше 6 баллов.

Конструкции галерей:

Опоры — стальные. Пролетные строения — стальные решетчатые сварные фермы, пролетами 18, 24 и 30 м.

Перекрытия приняты из сборных железобетонных плит размером 1,5×6 м.

Стены из утепленных панелей 2,4×6 м с деревянным каркасом, обшитым волнистыми асбестоцементными листами или из легкобетонных панелей 1,2×6 м.

Кровля рулонная с защитным слоем. Утеплитель — пенобетон. Возможно применение других более эффективных утеплителей.

Полы — из бетона. Гидроизоляция — холодная асфальтовая мастика. Утеплитель — пенобетон.

Оконные переплеты — деревянные.

В табл. 1 приведены схемы и размеры галерей для одного и двух транспортеров.

На рис. 32 изображены поперечные разрезы галерей для одного и двух транспортеров.

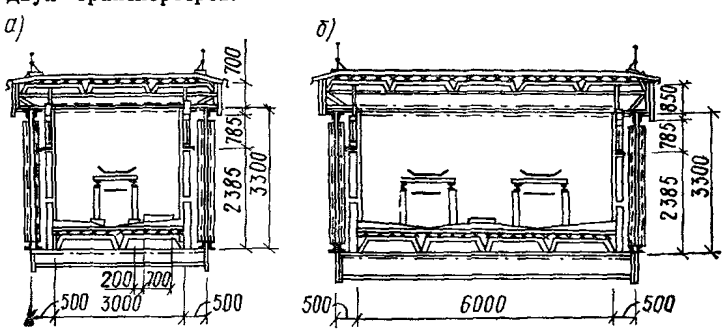


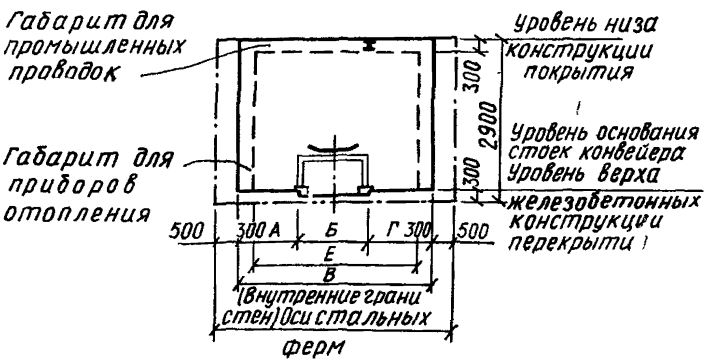
Рис. 32. Поперечные разрезы галерей по серии ИС-01-15

а — для одного транспортера; *б* — для двух транспортеров

На рис. 33 изображен фасад галереи.

На рис. 34 — продольный разрез, на рис. 35 — пример решения карнизного узла.

Для одного транспортера



Ширина лент, мм	Размеры, мм				
	А	*Б*	*Г*	*Е*	*В*
650	960	1040	1000	3000	3600
800	700	1300	1000	3000	3600
1000	1000	1500	1100	3600	4200
1200	840	1760	1000	3600	4200
1400	1040	1960	1200	4200	4800
1600	820	2180	1200	4200	4800
2000	1400	2600	1400	5400	6000

2. Типовая серия 3.016-3 «Отапливаемые транспортерные галереи пролетом 18, 24 и 30 м с облегченными ограждающими конструкциями» содержит выпуски 1, 2, 3, 4, 5, 6 и разработана применительно к условиям строительства в климатических районах с расчетными зимними температурами выше и ниже —40°С, а также с расчетной сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов и расчетными температурами —40°С и выше.

Конструкции галерей не рассчитаны на применение в районах с просадочными или вечномерзлыми грунтами, а также для транспортирования горячих, пáрящих и особо агрессивных материалов.

Конструкции галерей:

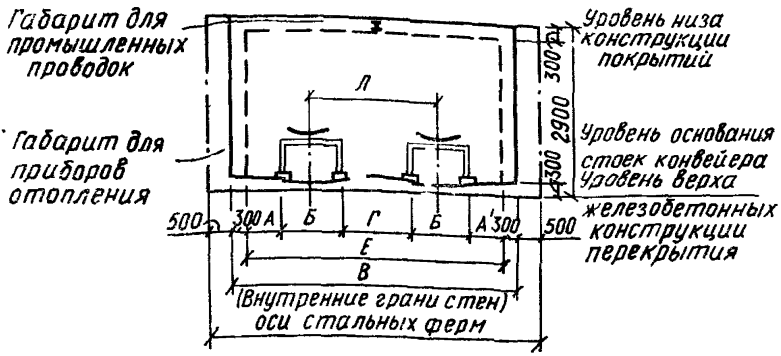
Опоры — стальные.

Пролетные строения — стальные решетчатые фермы с параллельными поясами пролетом 18, 24 и 30 м. Высота ферм для всех

по серии ИС-01-15

Таблица 1

Для двух транспортеров



Ширина лент, мм	Размеры, мм							
	А	Б	Г	Б'	А'	Е	В	Д
650+650	560	1040	1000	1040	560	4200	4800	2040
800+800	700	1300	1400	1300	700	5400	6000	2700
1000+1000	1000	1500	1400	1500	1500	6900	7500	2900
1200+1200	700	1750	1640	1760	1040	6900	7500	3400
1400+1400	640	1960	1640	1960	700	6900	7500	3600
1600+1600	1210	2180	1620	2180	1210	8400	9000	3800
2000+2000	700	2600	1800	2600	700	8400	9000	4400

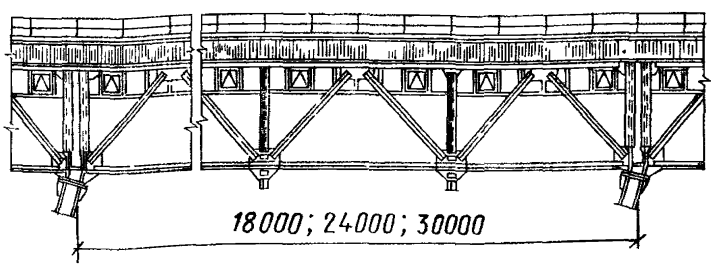


Рис. 33. Фасад галереи по серии ИС-01-15

пролетов принята одинаковой и равна 3 м (между обушками поясных уголков).

В покрытии принят стальной профилированный настил.

Перекрытие галерей запроектировано в двух вариантах:

вариант I — из сборных железобетонных ребристых плит размером 0,5×3 м по серии ПК-01-88;

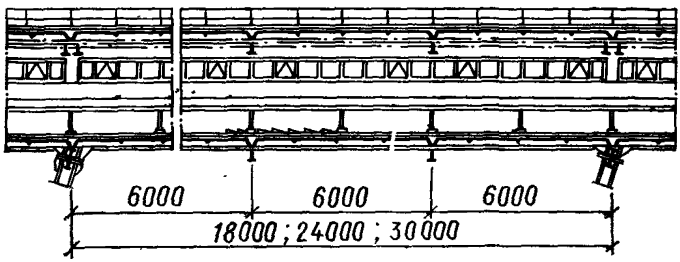


Рис. 34. Продольный разрез галереи по серии ИС-01-15

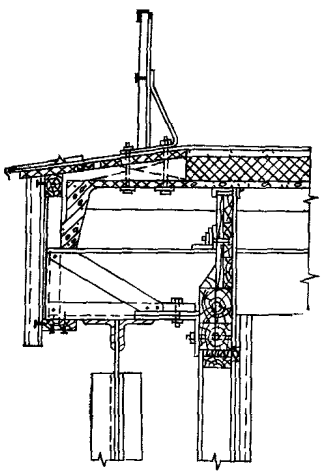


Рис. 35. Карнизный узел галереи по серии ИС-01-15

вариант II — из сборных железобетонных ребристых плит размерами 1,2×3 и 1,5×3 м по чертежам данной серии.

Стены запроектированы в трех вариантах:

I — из панелей на деревянном каркасе с двумя обшивками из крупноразмерных плоских асбестоцементных листов;

II — трехслойные, с послойным монтажом, с применением обшивок из стального профилированного настила;

III — трехслойные стальные панели типа «сэндвич». Утеплитель в первых двух вариантах из минераловатных жестких плит на синтетическом связующем.

Кровля — рулонная с защитным слоем. Утеплитель — минераловатные жесткие плиты на синтетическом связующем.

Возможно применение других более эффективных утеплителей.

Полы — из бетона. Гидроизоляция — асфальтовая мастика. Утеплитель — пенобетон. Оконные переплеты — деревянные.

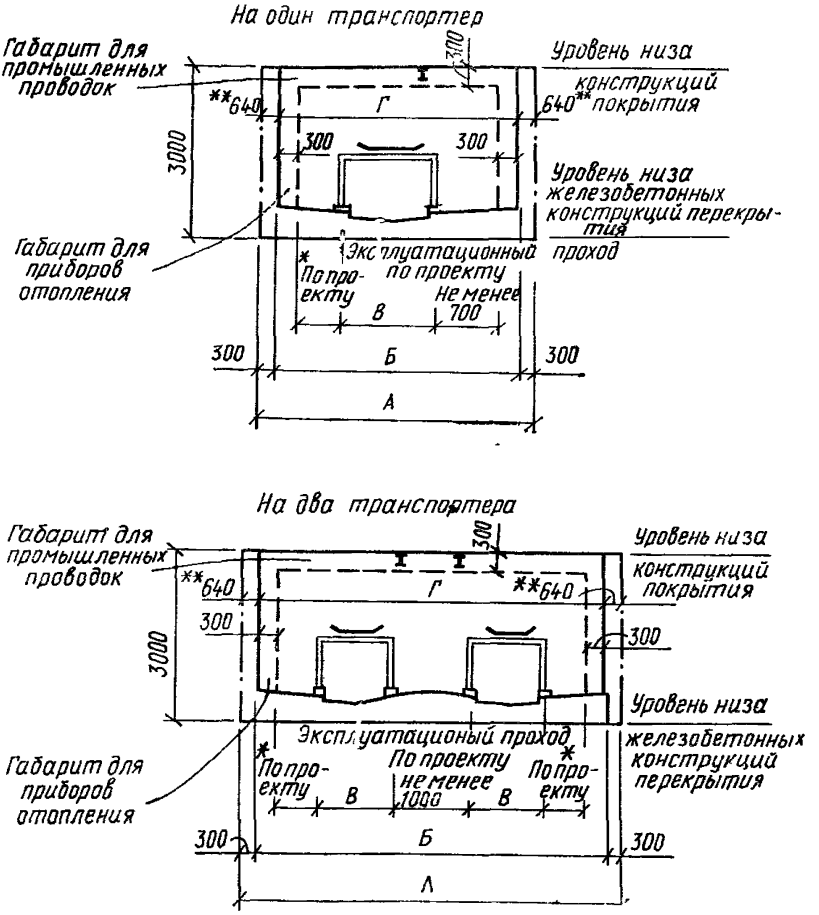
В табл. 2 приведены схемы и размеры галерей для одного, двух транспортеров.

На рис. 36 изображен поперечный разрез галерей для двух транспортеров.

На рис. 37 дано изображение фасада галереи, на рис. 38 — продольного разреза.

Таблица 2

Схемы отапливаемых галерей с облегченными конструкциями



Тип галерей	Расстояние между осями ферм *А*, мм	Монтажный размер раскладки плит перекрытий Б, мм	Расстояние между внутренними гранями стен, *Г*, мм
I	3600	3000	2320
II	4200	3600	2920
III	4800	4200	3520
IV	5400	4800	4120
V	6600	6000	5320
VI	8100	7500	6820
VII	9600	9000	8320

* Эксплуатационный проход не менее 700 мм, ремонтный проход — не менее 400 мм.

** Размер при максимальной толщине стенового блока В — габарит транспортера.

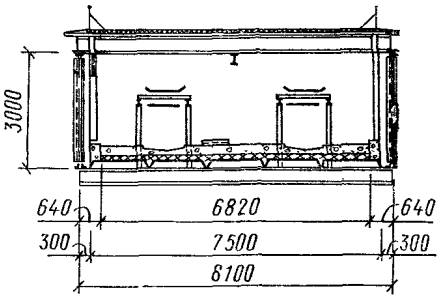


Рис. 36. Поперечный разрез отапливаемой галереи с облегченными конструкциями

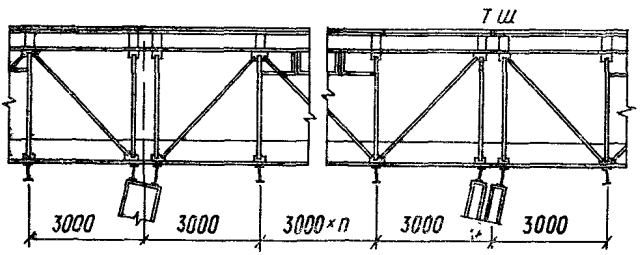


Рис. 37. Фасад отапливаемой галереи с облегченными конструкциями

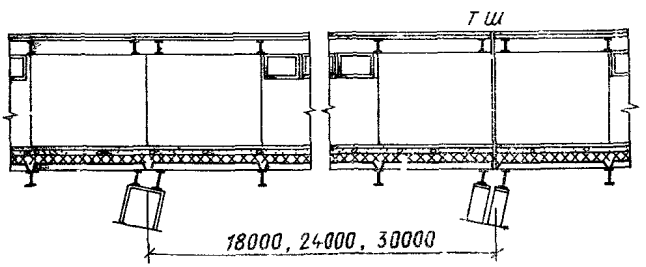


Рис 38. Продольный разрез отапливаемой галереи с облегченными конструкциями

3. Типовая серия 3.016-1 (вып. I, II, III) «Неотапливаемые транспортерные галереи пролетами 18, 24 и 30 метров, в которой разработаны галереи, предназначенные для размещения в них ленточных транспортеров с шириной ленты от 400 до 1600 мм. Они могут быть использованы также для прокладки трубопроводов, электрокабелей и других промпроводок и разработаны для тех же районов, что и отапливаемые галереи

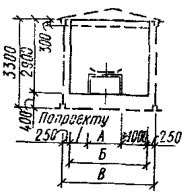
Размеры и схемы галерей приведены в табл 3.

Таблица 3

Схемы галерей по серии 3.016-1

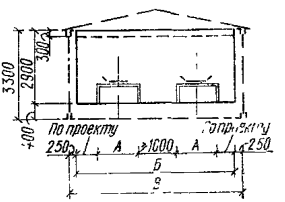
Полезная ширина галереи $Б$, мм	Расстояние между осями ферм $В$, мм	Количество транспортеров, шт.	Ширина транспортера, мм	
			$А$	$А+А$
3000	3500	1	⩽1400	
4500	5000	1	1400—2000	
		2		⩽1900
6000	6500	2		⩽3300

На один транспортер



Ширина ленты транспортера, мм	Ширина транспортера $А$, мм
650	950
800	1200
1000	1400
1200	1650
1400	1850
1600	2000

На два транспортера



Конструкции галерей:

пролетные строения — стальные решетчатые фермы с параллельными поясами пролетом 18, 24 и 30 м;

высота ферм принята 3,3 м для всех пролетов;

покрытие, кровля и стены из асбестоцементных волнистых листов унифицированного профиля по стальным конструкциям

Перекрытия приняты из сборных железобетонных плит размером 1,5×6 м по серии ИИ-24-2, полы асфальтобетонные.

На рис. 39 даны изображения поперечных разрезов галерей. На рис. 40 — фасад и на рис 41 — продольный разрез.

4. Типовая серия 3.016-2 (вып I, II, III, IV) «Неотапливаемые транспортерные галереи с самонесущими асбестоцементными оболочками», в которой разработаны галереи, отличающиеся тем, что в основе их решения лежит принцип применения ограждающих элементов в виде самонесущих асбестоцементных профилированных оболочек, устанавливаемых на верхний пояс пролетного строения.

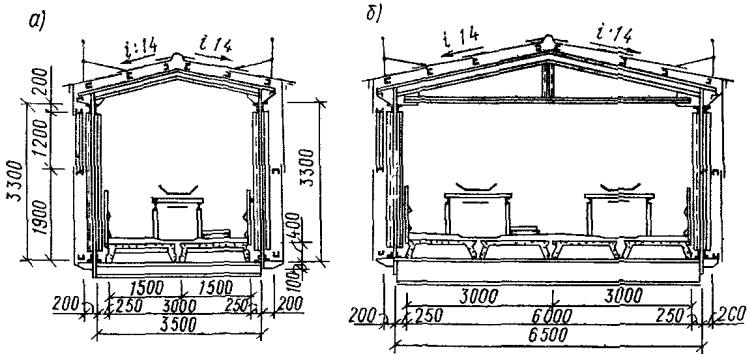


Рис 39. Поперечные разрезы гелерей по серии 3.016-1

а — на один транспортер, *б* — на два транспортера

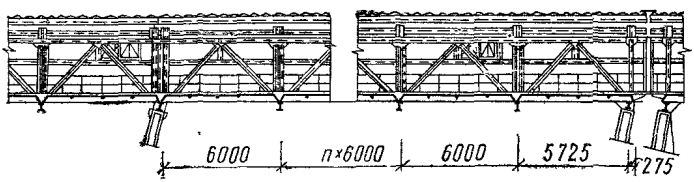


Рис. 40. Продольный разрез галереи по серии 3.016-1

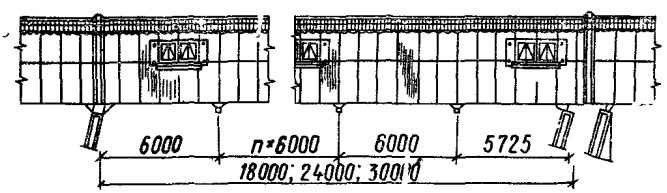


Рис 41 Фасад галереи по серии 3.016-1

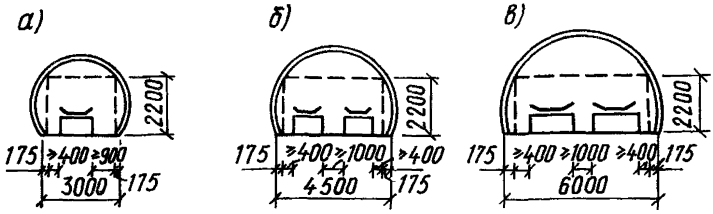


Рис 42. Габаритные схемы поперечных сечений галерей по серии 3.016-2

а — на один транспортер; *б* — на два транспортера

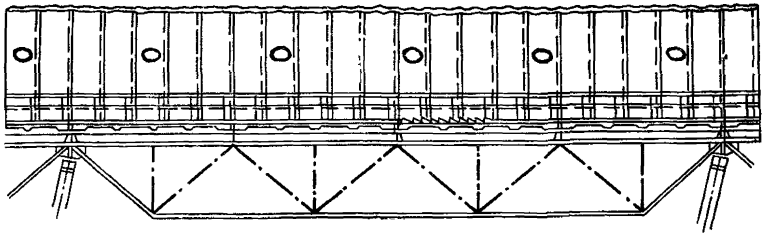


Рис. 43 Продольный разрез галереи по серии 3.016-2

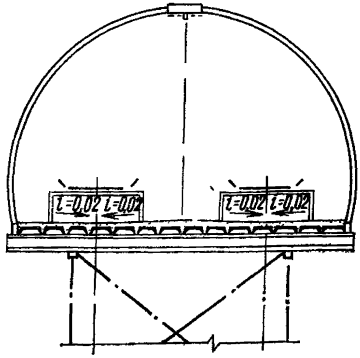


Рис. 44. Поперечный разрез галереи по серии 3.016-2

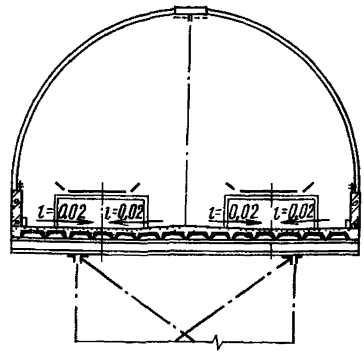


Рис. 45. Поперечный разрез галереи по серии 3.016-2 при гидроуборке просыпи

Несущие конструкции пролетных строений представляют собой стальные сварные фермы пролетом 18, 24 и 30 м высотой 2,5 м. Ширины галерей 3; 4,5 и 6 м. Схемы галерей приведены на рис. 42, *а, б, в*. Продольный разрез изображен на рис. 43. Поперечные разрезы — на рис. 44 и 45.

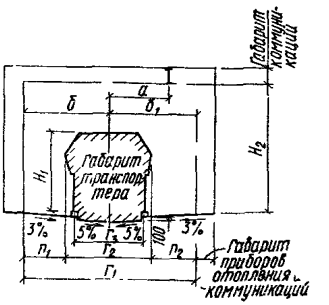
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ГАБАРИТЫ ТРАНСПОРТЕРОВ И ВНУТРЕННИЕ ГАБАРИТЫ ГАЛЕРЕЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ И АГЛОМЕРАЦИОННЫХ ФАБРИК ЦВЕТНОЙ И ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

1. Габариты транспортеров с шириной ленты от 650 до 2000 мм и внутренние габариты галерей для обогатительных и агломерационных фабрик цветной и черной металлургии рекомендуется принимать по табл. 1, 2.

Таблица 1

Габариты галерей на 1 транспортер

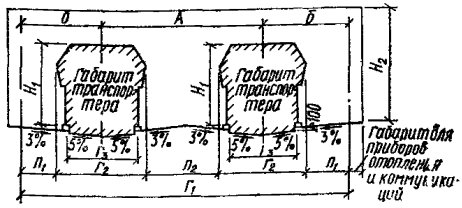


Ширина ленты транспортера B, мм	Основные размеры и привязки, мм					Размер в осях стоек, мм	Ширина проходов, мм		Высота транспортера и галереи, мм	
	a	$б$	$б_1$	$Г_1$	$Г_2$	$Г_3$	n_1	n_2	H_1	H_2
650	700	1075	1375	2450	1150	950	500*	800	1050	2100
800	850	1275	1575	2850	1350	1200	600	900	1250	2100
1000	970	1500	1800	3300	1600	1350	700	1000	1300	2300
1200	1100	1650	2000	3650	1800	1600	750	1100	1550	2300
1400	1245	1825	2225	4050	2050	1800	800	1200	1600	2300
1600	1370	2000	2450	4450	2300	1950	850	1300	1750	2300
2000	1620	2300	2800	5100	2800	2400	900	1400	1900	2300

* Без ограждений ширина прохода 620 мм

Таблица 2

Габариты галерей на 2 транспортера



Ширина ленты транспортера B_1+B_2, мм	Основные размеры и привязки, мм					Размер в осях стоек, мм	Ширина проходов, мм		Высота транспортера и галереи, мм	
	A	a	$б$	Γ_1	Γ_2	Γ_3	n_1	n_2	H_1	H_2
650+650	2400	1200	1075	4550	1150	950	500*	1250	1050	2100
800+800	2800	1400	1275	5350	1350	1200	600	1450	1250	2100
1000+1000	3000	1500	1500	6000	1600	1350	700	1400	1300	2300
1200+1200	3500	1750	1650	6800	1800	1600	750	1700	1550	2300
1400+1400	3700	1850	1825	7350	2050	1800	800	1650	1600	2300
1600+1600	4000	2000	2000	8000	2300	1950	850	1700	1750	2300
2000+2000	4600	2300	2300	9200	2800	2400	900	1800	1900	2300

* Без ограждений ширина прохода 620 мм

2. Габариты галерей по ширине в табл. 2 назначены с учетом соосного расположения приводных барабанов транспортеров.

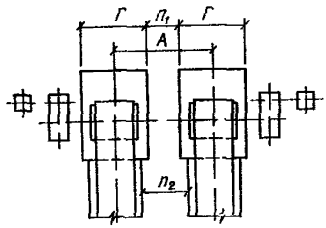
Размеры проходов между опорами приводных барабанов при соосном их расположении приведены в табл. 3.

При несоосном расположении барабанов проходы между транспортом и барабаном соседнего транспортера могут быть уменьшены.

Данными табл 3 надлежит пользоваться, если размеры расстояний между транспортерами не диктуются какими-либо другими соображениями (например, компоновкой узла загрузки).

Таблица 3

Рекомендуемые проходы $П_1$ между опорами приводных барабанов при их соосном расположении



№ п.п.	Ширина лент	Основные размеры и привязки			
	$B+B_1$	n_2	$Г$	n_1	A
1	650+650	1250	1250	1150	2400
2	800+800	1450	1600	1200	2800
3	1000+1000	1400	1800	1200	3000
4	1200+1200	1700	2200	1300	3500
5	1400+1400	1650	2400	1300	3700
6	1600+1600	1700	2700	1300	4000
7	2000+2000	1800	3200	1400	4600

3. При примыкании галерей к зданию и расположении в пределах ширины галерей стойки здания ширину проходов в этом месте следует проверить в соответствии с рис. 46.

4. Приведенные в прил. 2 таблицы предназначены для специалистов, проектирующих технологическую часть проекта.

Полученная по таблицам расстановка оборудования и ширина проходов увязывается с габаритами галерей по существующим типовым сериям, согласовывается с организацией, проектирующей строительную часть проекта, и включается в технологическое задание.

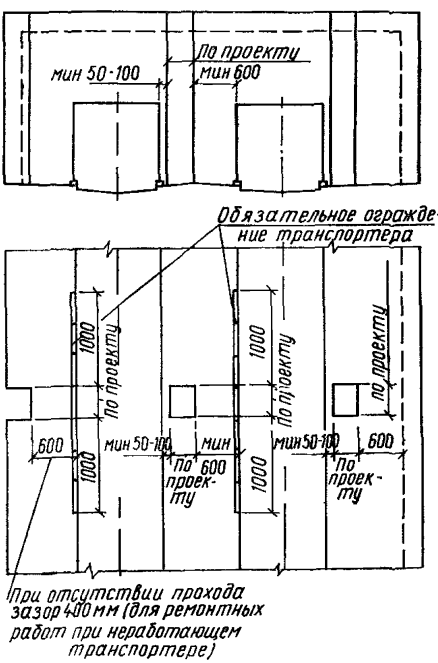


Рис. 46. Минимальные проходы при расположении в габаритах галерей колонн, стоек, пилястр

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Форма задания* (образец)
на проектирование строительной части галереи № транспортера (ленточного конвейера) №
объекта _____ предприятия _____

Характеристика транспортера и галереи

Схема трассы		Чертеж № (см. рис. 47)
Наличие устройства для улавливания ленты		
Диаметр роликов роликоопор, мм	рабочей ветви ($d_р$)	
	холостой ветви ($d_х$)	
Шаг, мм	рабочей ветви ($d_р$)	
	холостой ветви ($d_х$)	
Конструкция роликов (из труб или листовой стали)		
Коэффициенты сопротивления роликов при установившемся движении	$W_р$	
	$W_х$	
Модуль упругости ленты ($E_л$), кгс/см²		
Сечение ленты ($F_л$), см²		
Тяговая характеристика привода $e^{f\alpha}$		
Скорость ленты, м/с		
Характеристика транспортируемого груза		
Объемный насыпной вес, тс/м³		
Влажность, %		
Температура (t), °С		
Пылящий — непылящий		
Агрессивность к строительным конструкциям		

Схема трассы	Чертеж № (см. рис. 47)
По пожароопасности	
Крупность кусков	
Требования к галереям	
По условиям отопления и вентиляции	
Способ уборки пыли и просыпи	
Специальные требования	
Технологические статические нагрузки	
Вес груза на 1 м ленты ($q_м$), кгс/м	
Вес 1 м ленты ($q_л$), кгс/м	
Вес металлоконструкций (стойки, секции, ограждения) на 1 м ($q_к$), кгс/м	

Вес просыпи на настиле, кгс/м

Вес роликоопор, кг, на 1 м	рабочая ветвь	общий ($q'_{общ}$)	
		вращающихся частей ($q_р$)	
	холостая ветвь	общий ($q''_{общ}$)	
		вращающихся частей ($q_х$)	

Вес просыпи, ремонтных материалов, людей, кгс/м²

	ТР-Р №	$S_{нб}$	$S^{п}_{нб}$	$S^{ст}_{нб}$	S_1	S_2	S_3			
Усилия в ленте										

Задание составил _____ (подпись) Задание проверил _____ (подпись)

* Задание разрабатывается технологической проектной организацией.

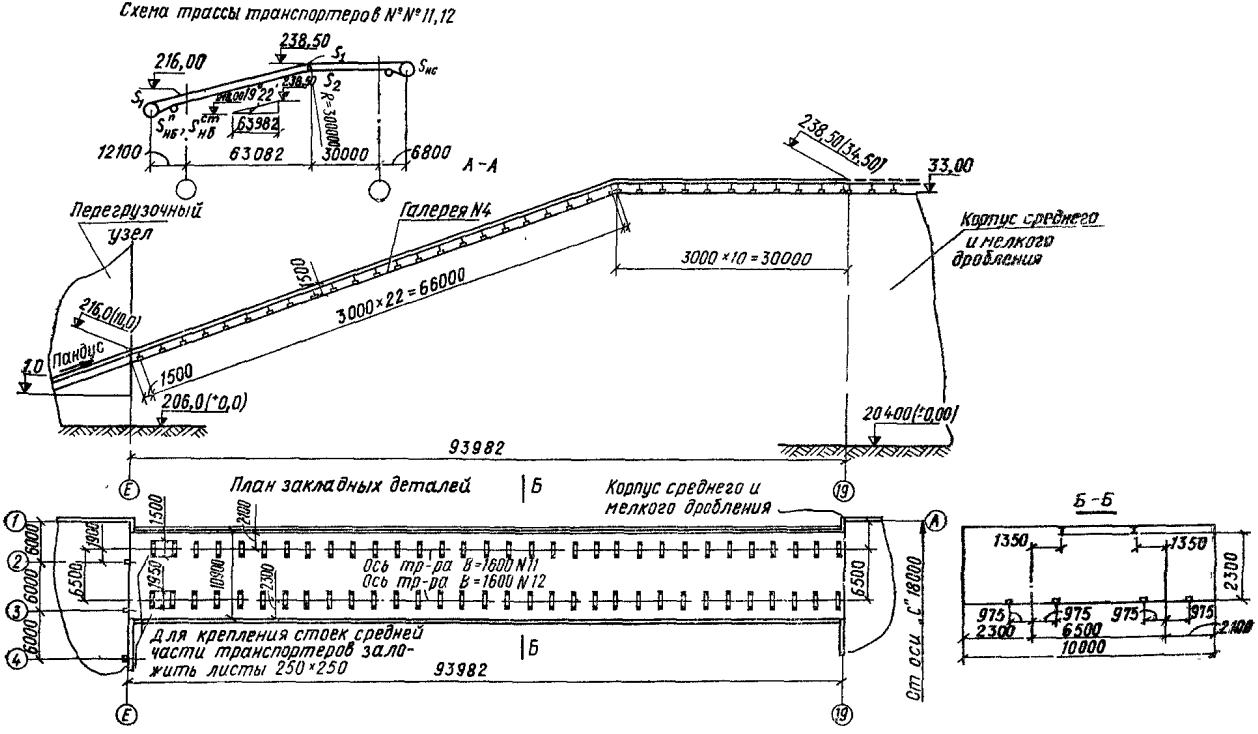


Рис. 47. Пример задания технологической организации на разработку строительной части галереи

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОТ ВЕСА ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГРУЗА, ЛЕНТЫ, РОЛИКООПОР, МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И ПРОСЫПИ НА НАСТИЛЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТЕРА И НАГРУЗКИ ОТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ

Ширина ленты, мм	Вес груза на 1 м ленты ($q_м$), кгс/м, при (γ), тс/м³				Вес 1 м ленты ($q_л$), кгс/м	Нагрузка от веса груза и ленты на 1 м ($P_0 = q_м + 2\ q_л$) при (γ), тс/м³				Вес роликоопор, кгс/м			
										рабочая ветвь		холостая ветвь	
	0,85	1,8	2,5	3,2		0,85	1,8	2,5	3,2	Общий $q'_{общ}$	Вращающихся частей $q_р$	Общий $q''_{общ}$	Вращающихся частей $q_х$
650	36	76	106	136	10	56	96	126	156	20	13	4,7	3,5
800	55	115	160	205	14,6	84	144	189	234	75	45	8,8	6,2
1000	85	180	250	320	21,2	127	222	292	362	85	50	10,3	7,3
1200	122	260	360	460	27,2	176	314	414	514	100	57	12,2	8,8
1400	167	352	490	627	34	235	420	558	695	165	108	76	13,3
1600	218	460	640	820	51,5	321	563	743	923	187	98	90	21
2000	340	720	1000	1280	73,6	487	867	1147	1427	320	116	24	20,5

Продолжение приложения

Ширина ленты, мм	Вес металлоконструкций (стойки секции, ограждения) ($q_к$), кгс/м	Вес просыпи на настиле металлоконструкций ($q_п$), кгс/м, при (γ), тс/м³				Общая нормативная нагрузка от веса груза, ленты, роликоопор, металлоконструкций и просыпи: на 1 м транспортера, кгс/м, ($P_1 = q_м + 2q_л + q'_{общ} + q''_{общ} + q_к + q_п$) при ($\gamma_1$), тс/м³				Общая нормативная нагрузка от веса груза, ленты, роликоопор, металлоконструкций и просыпи: на одну стойку транспортера при шаге стоек 3 м, кгс $\left(P_1 = \frac{P_1 \cdot 3}{2}\right)$ при (γ), тс/м³				Нормативная нагрузка от подъемно-транспортных устройств с грузом (P_2), кгс
		0,85	1,8	2,5	3,2	0,85	1,8	2,5	3,2	0,85	1,8	2,5	3,2	
650	57	4	8	11	14	140	185	220	250	210	280	330	380	500
800	65	6	12	16	21	240	305	355	405	360	460	530	610	
1000	75	9	18	25	32	305	410	485	565	460	620	730	850	
1200	83	13	26	36	46	385	535	645	755	580	800	970	1130	
1400	94	17	36	49	63	585	790	940	1090	880	1200	1410	1630	1000
1600	130	22	46	64	82	750	1015	1215	1410	1120	1520	1820	2120	
2000	149	34	72	100	128	1015	1430	1740	2050	1520	2140	2610	3080	

Примечания: 1. Коэффициент перегрузки 1,2.

2. Вес просыпи на настиле транспортера включается в нагрузку на стойку транспортера и учитывается независимо от веса просыпи, людей и деталей на перекрытии галереи, принимаемого по технологическому заданию.

3. Шаг роликоопор для рабочей ветви ленты принят 1 м, для холостой — 3 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ НАГРУЗОК τ_0 ОТ РАЗНОСТИ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧИХ И ХОЛОСТЫХ РОЛИКОВ

Продольные нагрузки (τ_0), кгс/м, вызываемые разностью сил сопротивления рабочих и холостых роликов транспортера, определяются по формуле

$$\tau_0 = n\,[(q_л + q_м + q_р)\,W_р - (q_л + q_х)\,W_х]\cos\alpha,$$

где n — коэффициент перегрузки, равный 1,2;

$q_л$ — вес ветви ленты, кгс/м;

$q_м$ — вес материала на ленте, кгс/м;

$q_р$, $q_х$ — вес вращающейся части ролика, соответственно рабочего и холостого, кгс/м,

$W_р$, $W_х$ — коэффициенты сопротивления рабочих и холостых роликов при установившемся движении принимаются по заданиям технологов;

$q_л$, $q_м$, $q_р$, $q_х$ — разрешается принимать по прил. 4, с подтверждением величин технологической организацией в каждом конкретном случае.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ НАГРУЗОК $\tau_п$, ВЫЗЫВАЕМЫХ РАЗНОСТЬЮ СИЛ ИНЕРЦИИ ВРАЩЕНИЯ РАБОЧИХ И ХОЛОСТЫХ РОЛИКОВ

Продольные нагрузки ($\tau_п$), кгс/м, вызываемые разностью сил инерции вращения рабочих и холостых роликов, определяются по формуле

$$\tau_п = 0{,}1\,a\,(q_р - q_х)\,n, \qquad (1)$$

где a — максимально возможное ускорение транспортерной ленты при пуске транспортера, м/с^2, вычисляется по формуле

$$a = 5\,\frac{q_л}{q_р}\cos\alpha \leqslant 5 \text{ м/сек}^2, \qquad (2)$$

n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРЕННЫХ (АВАРИЙНЫХ) НАГРУЗОК, ВЫЗЫВАЕМЫХ ЗАКЛИНИВАНИЕМ ИЛИ ОБРЫВОМ ЛЕНТЫ ТРАНСПОРТЕРА

1. Расчетная нагрузка ($\tau_а$), кгс/м, возникающая при заклинивании ленты, вычисляется по формуле

$$\tau_a = \left[(q_л + q_м)\ a_1 v \cdot 0{,}2 + \frac{e^{f\alpha} - 1{,}2}{1{,}05}\ (S^{п}_{нб} - S^{ст}_{нб}) \right] \frac{n}{L}, \quad (1)$$

где $a_1 = \sqrt{\frac{9{,}81\ E_л F_л}{q_л + q_м + 0{,}8 q_р}}$ — скорость распространения волны деформации в рабочей ветви ленты, м/с;

L — длина транспортера, м;

$n = 0{,}7$ — коэффициент перегрузки;

$S^{п}_{нб}\ S^{ст}_{нб}$ — усилия в набегающей ветви на натяжном барабане при пуске и установившемся режиме работы груженого транспортера, принимаемые по заданиям технологов,

$E_л$ — модуль упругости материала ленты, кгс/см^2;

$F_л$ — площадь поперечного сечения ленты, см^2,

$E_л$, $F_л$ — принимается по заданиям технологов или по данным Научно-исследовательского института резиновой промышленности;

$e^{f\alpha}$ — тяговая характеристика привода, принимается по заданиям технологов,

v — скорость движения, м/с, принимается по заданиям технологов;

$q_л$, $q_м$, $q_р$ — принимается по заданиям технологов либо по прил. 4 с подтверждением величин технологами

Нагрузка τ_a может быть направлена в любую сторону по оси галереи.

2 Нагрузки, возникающие при обрыве ленты, передаются на галерею как в продольном, так и в поперечном (в вертикальной плоскости) направлениях.

Для транспортеров, не оборудованных улавливающими ленту устройствами, расчетная величина поперечной нагрузки (q_a), кгс/м, определяется по формуле

$$q_a = n\ (q_м + 2\, q_л)\ \cos\alpha, \quad (2)$$

где n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1,2;

α — угол наклона галереи.

Направление сил — нормально ленте вверх

Расчетная величина продольной нагрузки определяется по формуле

$$\tau_{a_1} = \left\{ \left[(q_л + q_м + q_р)\ W_р + (q_л + q_х)\ W_х \right] \cos\alpha + \right.$$

$$\left. + 0{,}25\, q_л \cos\alpha + \frac{0{,}8\, q_р\, S_{нб}}{(q_л + q_м + 0{,}8\, q_р)\ L} \right\} 1{,}8\, n, \quad (3)$$

где $n = 0{,}8$ — коэффициент перегрузки. Направление — в любую сторону по оси галереи.

Для транспортеров, оборудованных улавливающими ленту устройствами, расчетная величина поперечной нагрузки определяется по формуле

$$q_a = 1{,}8\, n\ (q_л + q_м)\ \cos\alpha, \quad (4)$$

где $n = 0{,}8$ — коэффициент перегрузки. Направление сил — нормально ленте вниз.

Расчетная величина продольной нагрузки (τ_{a_2}), кгс/м, определяется по формуле

$$\tau_{a_2} = 1{,}8\frac{n S_{нб}}{L} - \tau_{a_1}, \qquad (5)$$

где $n=0{,}8$ — коэффициент перегрузки Направление — в любую сторону по оси галереи.

В вышеприведенных формулах:

$W_р$, $W_х$ — коэффициенты сопротивления рабочих и холостых роликов, принимаемые по заданиям технологов;

$S_{нб}$ — усилие в набегающей ленте приводного барабана, кгс, принимаемое по заданию технологов

Нагрузка $q_а$ прикладывается вместо действующей при эксплуатации галереи.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И РАСЧЕТ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ГАЛЕРЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

1. На строительные конструкции галерей от транспортера передаются систематические и эпизодические нагрузки, определяемые по формулам:

транспортер оборудован роликами разных диаметров

$$\left.\begin{aligned} P_{д\,р} &= \frac{1{,}2\cdot 10^{-5}\,\lambda v^2}{d_р}\,[K_1(q_л + q_м) + 4K_2 q_р]; \\ P_{д.х} &= \frac{2{,}4\cdot 10^{-5}\,\lambda v^2}{d_х}\,[K_1 q_л + 2K_2 q_х]; \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

транспортер оборудован роликами одного диаметра

$$P_д = \frac{1{,}2\cdot 10^{-5}\,\lambda v^2}{d}\,[K_1(q_л + q_м) + 2q_л + 4K_2(q_р + q_х)], \qquad (2)$$

где λ — коэффициент синфазности, принимаемый равным единице для эпизодических нагрузок, и по номограмме на рис 1 в зависимости от количества однотипных роликов, расположенных в пределах длины пролета — для систематических нагрузок;

v — скорость движения ленты, см/с;

K_1 — коэффициент, принимаемый равным при транспортировке кусков породы более 250 мм — 1,2, в остальных случаях $K_1=1$;

K_2 — коэффициент, равный 1, — для роликов из листовой стали, 1,6 — для роликов из прокатных труб.

$q_р$, $q_л$, $q_м$, d — принимается по прил. 4.

Если транспортер оборудован роликами разного диаметра $d_р \neq d_х$, проверка прочности конструкции в случае попадания кон-

струкции в резонансную зону выполняется раздельно для каждой частоты (диаметра ролика) или одной из них.

2. При проверке прочности расчет производится на расчетные эпизодические нагрузки без учета выносливости материала конструкции и на расчетные систематические нагрузки с учетом выносливости.



Рис. 48. Номограмма для определения коэффициента синфазности

3 Усилия от действия динамических нагрузок в элементах галереи при расположении транспортера по низу ферм, определяются умножением статических усилий на коэффициент динамичности, определяемый по формуле

$$K_д = 1{,}05 \cdot 10^3 \frac{P_д \psi_1}{\psi_2 P_0 \delta_1 \gamma \theta^2}, \qquad (3)$$

где $P_д$ — амплитуда погонной динамической нагрузки, определяемой по формуле (2);

ψ_1 — коэффициент, определяемый по номограмме, приведенной на рис. 49 в зависимости от параметров ξ_2 и $l_к/l$;

$$\psi_2 = 1 - \varepsilon + \psi_2' + \psi_2'', \qquad (4)$$

ψ_2' и ψ_2'' — коэффициенты, определяемые по номограмме, приведенной на рис 50 в зависимости от параметров:

$$\xi_1' = \xi_1 \sqrt{\mu}; \quad \xi_2' = \xi_2 \sqrt{\mu};$$

$$\varepsilon_1 = \frac{P_1'}{P_0}; \quad \varepsilon_2 = \frac{P_2'}{P_0}; \quad \varepsilon = \frac{P_1' + P_2'}{P_0}; \qquad (5)$$

$$\xi_1 = 2{,}8 \cdot 10^{-2} \sqrt[4]{\frac{P_1' l_1 b^3 \theta^2}{E I_1}}; \quad \xi_2 = 2{,}9 \cdot 10^{-2} \sqrt[4]{\frac{P_2' l_2 b^3 \theta^2}{E J_2}};$$

μ — коэффициент, учитывающий гибкость поперечных балок покрытия и перекрытия галереи, который определяется по номограмме на рис. 51 в зависимости от параметров ξ_{max} и ε;

ξ_{max} — принимается равным наибольшему из параметров ξ_1 и ξ_2;

P_0 — расчетный вес пролетного строения со всеми нагрузками, имеющими массу, за исключением нагрузки от толпы, просыпи и деталей, кгс/см,

P_1' и P_2' — постоянные и временные длительно действующие нагрузки соответственно на покрытие и перекрытие (имеющее массу), кгс/см;

l_1' l_2 — соответственно шаг поперечных балок покрытия и перекрытия, см;

b — расстояние в осях между главными фермами, см;

EJ_1 и EJ_2 — жесткость поперечных балок покрытия и перекрытия, кгс/см²;

γ — коэффициент неупругого сопротивления:

$$\gamma = \frac{66}{\theta P_0}\left[0{,}12 + 0{,}0178\left(\frac{100}{L}\right)^3\right] \geqslant 0{,}025, \qquad (6)$$

где θ и P_0 — принимаются по п. 5.19 настоящего Руководства;

L — длина пролетного строения, м;

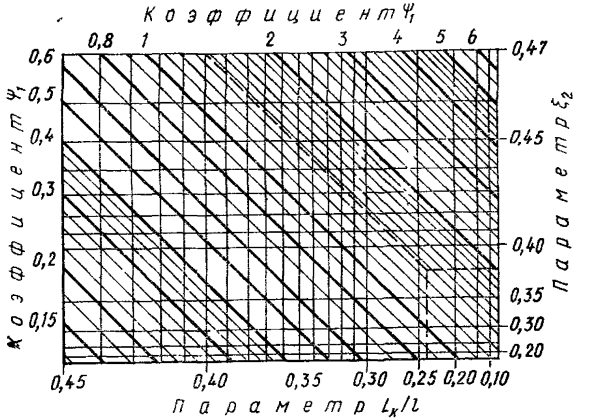


Рис. 49. Номограмма для определения коэффициента ψ_1

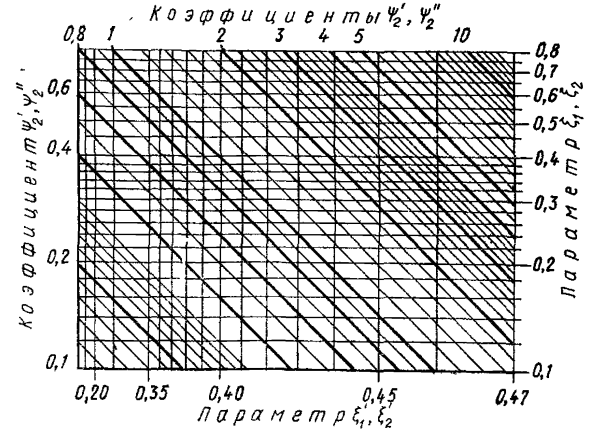


Рис. 50. Номограмма для определения коэффициентов ψ_2' и ψ_2''

δ_1 — статический прогиб главной фермы в середине пролета от расчетных нагрузок основного сочетания определяется по известным формулам Мора.

4. Расчет несущих элементов на прочность выполняется по формулам:

$$\left.\begin{aligned} M_{ст} + M_д^п &\leqslant M_0; \\ N_{ст} + N_д^п &\leqslant N_0; \\ Q_{ст} + Q_д^п &\leqslant Q_0, \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

где $M_{ст}$, $N_{ст}$, $Q_{ст}$ — соответственно изгибающий момент, нормальная и поперечная сила от расчетных статических нагрузок;

M_0, N_0, Q_0 — несущая способность сечения;

$M_д^п$, $N_д^п$; $Q_д^п$ — изгибающий момент, нормальная и поперечные силы от эпизодической динамической нагрузки, определяются по формулам:

для стержней главных ферм

$$N_д^п = N_{ст} K_д;$$

для балок покрытия

$$\left.\begin{aligned} M_д^п &= \frac{10 E J_1 \delta_1 \eta_1}{l_1^2} K_д; \\ Q_д^п &= \frac{30 E J_1 \delta_1 \eta_1}{l_1^3} K_д; \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

для балок перекрытия

$$\left.\begin{aligned} M_д^п &= \frac{10 E J_2 \delta_1 \eta_2}{l_2^2} K_д; \\ Q_д^п &= \frac{30 E J_2 \delta_1 \eta_2}{l_2^3} K_д, \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

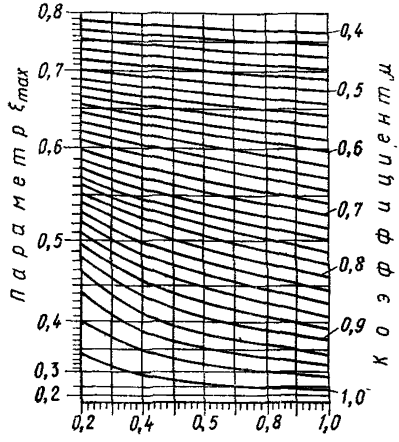


Рис 51. Номограмма для определения коэффициента $K_д$

где η_1 и η_2 — коэффициенты, определяемые по графику, приведенному на рис. 52 в зависимости от параметров, соответственно, ξ_1 и ξ_2.

5. Расчет на прочность с учетом усталости материала выполняется по формулам:

$$\left.\begin{aligned} M_{ст}^н + M_д^с &\leqslant M_{вын}; \\ N_{ст}^н + N_д^с &\leqslant N_{вын}; \\ Q_{ст}^н + Q_д^с &\leqslant Q_{вын}, \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

где $M^{н}_{ст}$, $N^{н}_{ст}$, $Q^{н}_{ст}$ — соответственно изгибающий момент, нормальная и поперечная сила от нормативных статических нагрузок;

$M^{с}_{д}$, $N^{с}_{д}$, $Q^{с}_{д}$ — то же, от систематической динамической нагрузки;

$M_{вын}$; $N_{вын}$; $Q_{вын}$ — то же, несущая способность сечения с учетом пониженного значения расчетного сопротивления материала, которое определяется в соответствии с указаниями главы СНиП по проектированию стальных конструкций.

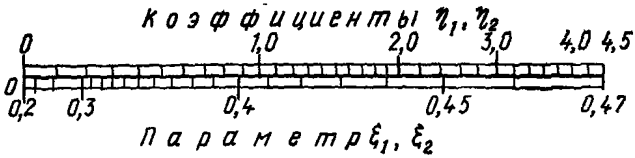


Рис. 52. Номограмма для определения коэффициентов η_1 и η_2

При определении несущей способности сечения количество циклов принимается равным 5 млн. σ_{max} и σ_{min} вычисляются от нормативных нагрузок, включающих в себя постоянные, длительно действующие нагрузки и суммарную статическую и динамическую нагрузки от транспортеров:

σ_{max} — при максимальном значении систематической динамической нагрузки $\sigma_{max}=\sigma_{ст}+\sigma_{дн}$;

σ_{min} — при минимальном значении систематической динамической нагрузки $\sigma_{min}=\sigma_{ст}-\sigma_{дн}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРИМЕР РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ГАЛЕРЕИ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Галерея для одного транспортера с шириной ленты $B=2000$ мм состоит из трех пролетных строений пролетами 24+24+(30+6) м из трех стальных подвижных и одной неподвижной опорой, расположенной внизу, на железобетонном фундаменте.

Покрытие — из профилированного стального листа по балкам, стеновое ограждение — из асбестоцементных утепленных щитов на керамзитобетонной балке. Геометрическую схему галереи см. на рис. 53, поперечное сечение — на рис. 54, характеристику транспортера, транспортируемого груза, требования к галерее и технологические нагрузки даны в задании.

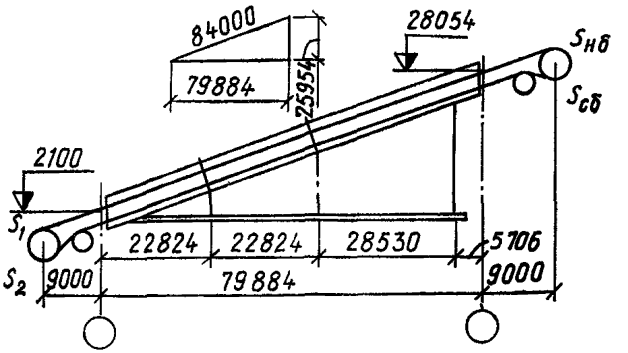
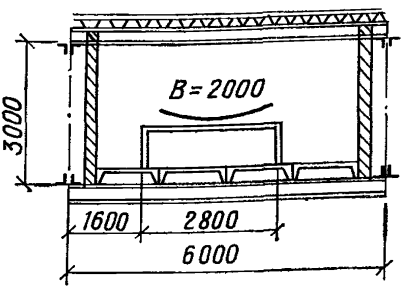


Рис. 53. Геометрическая схема галереи

Рис. 54. Поперечное сечение галереи



Задание

на проектирование строительной части галереи № _____
транспортера (ленточного конвейера) № _____
объекта _____ предприятия _____

Характеристика транспортера и галереи

Схема трассы		Чертеж №
Наличие устройства для улавливания ленты		Нет
Диаметр роликов роликоопор, мм	рабочей ветви ($d_р$)	194
	холостой ветви ($d_х$)	159
Шаг, мм	рабочей ветви ($d_р$)	1000
	холостой ветви ($d_х$)	3000

Продолжение

Схема трассы	Чертеж №
Конструкция роликов (из труб или листовой стали)	Из труб
Коэфициенты сопротивления роликов при установившемся движении $\frac{W_р}{W_х}$	0,025 / 0,022
Модуль упругости ленты ($E_л$), кгс/см^2	2200
Сечение ленты ($F_л$), см^2	600
Тяговая характеристика привода $e^{f\alpha}$	4,81
Скорость ленты, м/с	2
Характеристика транспортируемого груза	
Объемный насыпной вес, тс/м^3	2,5
Влажность, %	70
Температура (t), °С	20
Пылящий — непылящий	Не пылящий
Агрессивность к строительным конструкциям	Не агрессивен
По пожароопасности	Д
Крупность кусков	250 мм
Требования к галереям	
По условиям отопления и вентиляции	Отапливаемая
Способ уборки пыли и просыпи	*Мокрый*
Специальные требования	—
Технологические статические нагрузки	
Вес груза ($q_м$), кгс/м	1000
Вес ленты ($q_л$), кгс/м	73,6
Вес металлоконструкций (стойки, секции, ограждения) ($q_к$), кгс/м	149
Вес просыпи на настиле, кгс/м	100

Продолжение

Схема трассы			Чертеж №
Вес роликоопор, кгс/м	рабочая ветвь	общий ($q'_{общ}$)	195
		вращающих частей ($q_р$)	116
	холостая ветвь	общий ($q''_{общ}$)	24
		вращающих частей ($q_х$)	20,5
Вес просыпи, ремонтных материалов, людей, кгс/м²			300

Усилия в ленте	транспортер N	$S_{нб}$	$S_{сб}$		
	1	10 800	2240		

Задание составил _____ (подпись)

Задание проверил _____ (подпись)

Нагрузки на галерею даны в табл. 1

Таблица 1

Расчетные нагрузки на галерею

Наименование элементов	Классификация нагрузок	Наименование и описание нагрузки	Единица измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент перегрузки	Расчетная нагрузка
Покрытие галереи	Постоянная	5 слоев рубероида на битумной мастике	кгс/м²	30	1,2	36
		Цементно-песчаная стяжка $\gamma=2{,}2$ т/м³, $\delta=25$ мм	»	55	1,2	66
		Утеплитель из минераловатных плит $\gamma=150$ кг/м³, $\delta=50$ мм	»	7,5	1,2	9
		Стальной профилированный настил	»	15,3	1,1	17
		Балки покрытия и связи	»	30	1,1	33
		Промпроводки	»	50	1,2	60
		Итого	»			221

Продолжение табл 1

Наименование элементов	Классификация нагрузок	Наименование и описание нагрузки	Единица измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент перегрузки	Расчетная нагрузка
Покрытие галереи	Временная	Снеговая нагрузка по IV району	»	150	1,4	210
		Пыль	»	50	1,2	60
		Итого	»			270
		Монорельс для двух ручных кошек $Q=500$ кг	т	0,5·2	1,3	1,3
Стены	Постоянная	Асбестоцементные листы	кгс/м²	40	1,1	44
		Дерево	»	60	1,2	72
		Утеплитель из минераловатных плит $\gamma=150$ кг/м³, $\delta=50$ мм	»	7,5	1,2	9
		Керамзитобетонные плиты $\gamma=1000$ кг/м³, $h=400$ мм, $\delta=220$ мм	»	220	1,2	264
		Отопительные приборы	кгс/м	160	1,2	192
Перекрытие галереи	Постоянная	Бетонный пол $\delta=40$ мм	кгс/м²	100	1,2	120
		Цементно-песчаная стяжка $\delta=40$	»	72	1,2	86
		Утеплитель — пенобетон $\gamma=700$ кг/м³, $\delta=120$ мм	»	84	1,2	100
		Сборные железобетонные плиты	»	120	1,1	132
		Балки перекрытия и связи	»	40	1,1	44
		Итого	»			494
	Временная	Нагрузка от веса толпы, просыпи и деталей	кгс/м²	300	1,3	390
		Нагрузка от транспортера вертикальная $B=2000$ мм, $\gamma=2500$ кг/м³	кгс/м	1550	1,2	1860
		Нагрузка от транспортера продольная				
		а) от веса ленты и материала	»	347	1,2	416
		б) от разности сил сопротивления рабочих и холостых роликов (см. прил. 5)	»	26	1,2	31
		в) от разности сил инерции вращения роликов (см. прил 6)	»	41	1,2	50

Продолжение табл. 1

Наименование элементов	Классификация нагрузок	Наименование и описание нагрузки	Единица измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент перегрузки	Расчетная нагрузка
Перекрытие галереи	Временная	Нагрузки от транспортера в аварийном режиме особые (см прил. 7)				
		а) от заклинивания ленты продольная	кгс/м	—	—	230
		б) от обрыва ленты поперечная (вертикальная направлена вверх)	»	—	—	1300
		Продольная	»	—	—	71
Атмосферные	Временные	Ветровая нагрузка по IV району на отметке 10 м	кгс/м²	55	1,2	66

I. Расчет покрытия галереи

Угол наклона галереи $\alpha=18$, $\cos 18°=0{,}951$, $\sin 18°=0{,}309$, $\operatorname{tg}\gamma=0{,}933$, $\sin\gamma=0{,}682$, $\cos\gamma=0{,}731$.

Схему расположения балок и связей см на рис. 55.

Узловая ветровая нагрузка P определяется по следующей схеме (рис. 56) $q_w=66\cdot1{,}4\cdot1{,}62=150$ кгс/м²;

1,4 — аэродинамический коэффициент;

1,62 — высотный коэффициент для высоты 30 м;

$R_в=317$ кгс/м; $R_н=218$ кгс/м

Узловая ветровая нагрузка для верхней связевой фермы $P=0{,}317\cdot3=0{,}95$ тс.

Определение усилий в поясах верхней связевой фермы от ветровой нагрузки производится по рис. 57. Значения даны в табл. 2.

Элементы покрытия консоли, а также элементы, находящиеся в зоне снегового мешка, рассчитываются по рис. 58.

Значение функций угла β: $\operatorname{tg}\beta=0{,}8$, $\sin\beta=0{,}624$, $\cos\beta=0{,}782$

Определение дополнительной снеговой нагрузки на элементы *б*, *в* и $в_1$ (по рис. 60):

$$q_1=\frac{2{,}715+3}{2}\,1{,}425\cdot0{,}21=0{,}85 \text{ тс/м};$$

$$q_2=\frac{2{,}335+2{,}715}{2}\,1{,}9\cdot0{,}21=1{,}01 \text{ тс/м};$$

Таблица 2

Значения усилий

Пролет фермы, м	P, тс	R, тс	S_1 тс	S_2, тс
24	0,95	3,8	3,1	4,6
30	0,95	4,75	4,1	6,5

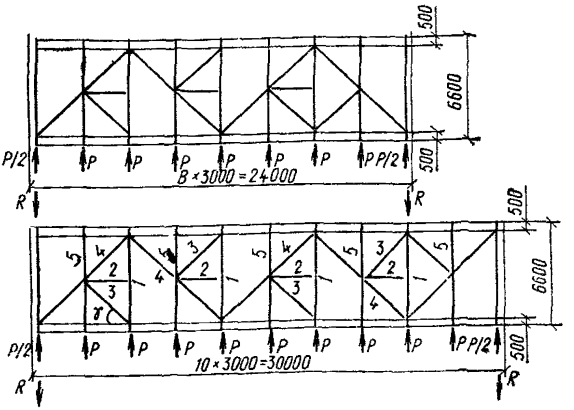


Рис. 55. Схема расположения балок и связей покрытия

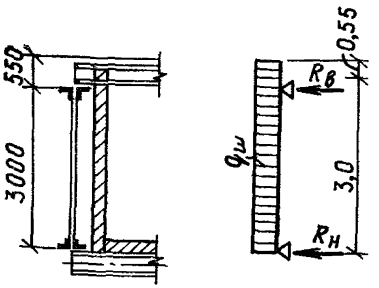


Рис. 56. Схема ветровых нагрузок, действующих на поперечное сечение галереи

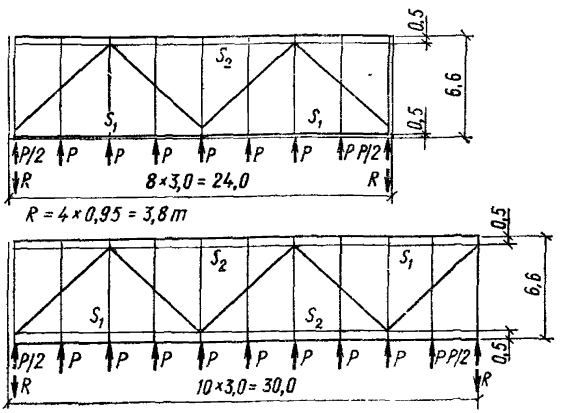


Рис. 57. Определение усилий в поясах верхней связевой фермы от ветровой нагрузки

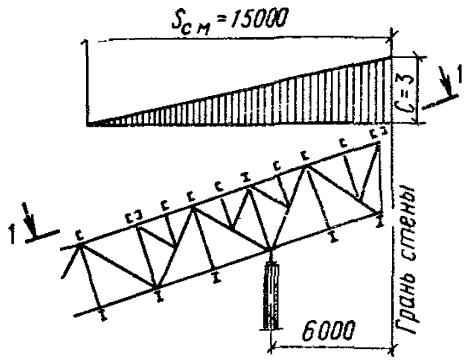


Рис. 58. Схема снеговых нагрузок на консоль

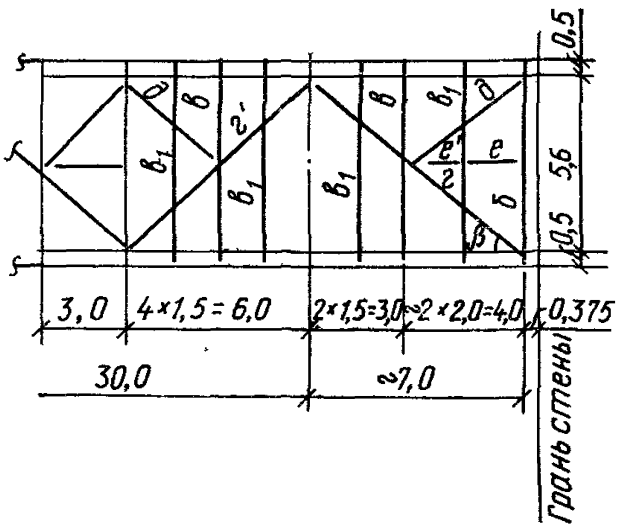


Рис 59. Схема расположения балок и связей консоли

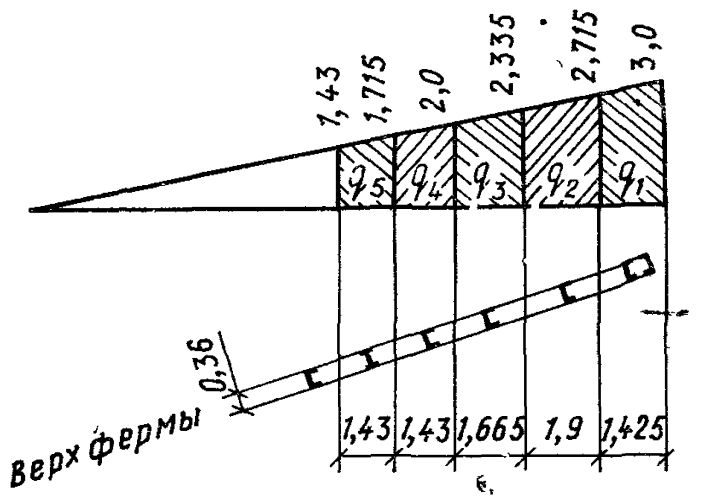


Рис. 60. Схема снеговых нагрузок на элементы консоли

$$q_3 = \frac{2{,}0 + 2{,}335}{2} 1{,}665 \cdot 0{,}21 = 0{,}76 \text{ тс/м};$$

$$q_4 = \frac{1{,}715 + 2}{2} 1{,}43 \cdot 0{,}21 = 0{,}56 \text{ тс/м};$$

$$q_5 = \frac{1{,}43 + 1{,}715}{2} 1{,}43 \cdot 0{,}21 = 0{,}47 \text{ т/м};$$

q_5 — нагрузка на ригель рамы, при подсчете нагрузки на ригель рамы из плоскости учитывать снеговой мешок на всей консоли.

Значения нагрузок на балки покрытия даны в табл. 3

Таблица 3

Сбор нагрузок на балки покрытия

Обозначения нагрузок	Классификация нагрузки	Наименование нагрузки	q, тс/м, грузовая площадь 3 м	q_x, тс/м, грузовая площадь 3 м	q_x, тс/м, грузовая площадь 9 м
q, тс/м	Постоянная	Собственный вес	0,483	0,464	0,45
		Промышленные проводки	0,18	0,171	—
	Временная	Снеговая	0,63	0,6	0,584
		пыль	0,18	0,171	0,166
		Итого	1,47	1,41	1,2
P, тс	Временная	Монорельс	1,3	1,24	—

Определение усилий в балках покрытия дано в табл. 4.

Балка *2* (рис. 61) развязывает верхние пояса балок покрытия *1* и *5*, замаркированных на рис. 55:

$$M = 4{,}95 \cdot 0{,}2 = 1 \text{ тсм};$$

$$R = \frac{4{,}95 \cdot 0{,}4}{3} = \pm 0{,}66 \text{ тс}.$$

Балки *е* и *е'* передают реакцию балки *б* от скатной составляющей по верхнему поясу на связи, которые крепятся к нижнему поясу балки *в* по схеме рис. 62.

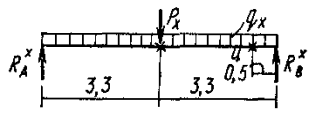
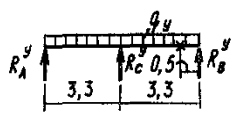
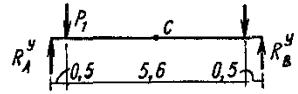
В балке *е* $N = 8{,}5$ тс; $M = 8{,}5 \cdot 0{,}11 = 0{,}94$ тсм; $R = \pm 0{,}47$ тс.

В балке *е*

$$R = \frac{8{,}5 \cdot 0{,}25}{2} = \pm 1{,}06 \text{ тс}.$$

Таблица 4

Определение усилий в балках покрытия

№ балок по схеме рис 55 и 59	Усилия в плоскости балки									Усилия из плоскости балки									
																				
	От вертикальных нагрузок					От скатной составляющей через тяж				От скатной составляющей по верхнему поясу балок					От скатной составляющей и ветра по нижнему поясу балок					
	q_x, тс/м	P_x, тс	$R_A^x = R_B^x$, тс	M_x, тсм в точке C	M_x, тсм в точке $Ц$	P_x, тс	$R_A^x = R_B^x$, тс	M_x, тсм в точке C	M_x, тсм в точке $Ц$	q_y, тс/м	$R_A^y = R_B^y$, тс	R_C^y, тс	M_y, тсм в точке C	M_y, тсм в точке $Ц$	P_1^y, тс	P_2^y, тс	R_A^y, тс	R_B^y, тс	M_y, тсм в точке C	M_y, тсм в точке $Ц$
1	1,4	1,24	5,3	9,7	2,5	—	—	—	—	1,2	1,5	4,95	1,63	0,6	$\frac{4,95}{2}+$ $+\frac{0,95\cdot0,73}{2\cdot0,682}=3$	$6,5+\frac{4,95}{2}=9$	3,5	8,5	3,15	4,25
5	1,4	1,24	5,3	9,7	2,5	0,7	0,35	1,1	0,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1,46	1,24	5,4	10,0	2,54	—	—	—	—	2,06	2,55	8,5	2,8	1,05	$\frac{8,5}{2}+$ $+\frac{0,95\cdot0,78}{2\ 0,624}=4,85$	$1,7+\frac{8,5}{2}=5,95$	4,9	5,9	2,8	2,95
в	1,55	1,24	5,8	10,4	—	1,0	0,5	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
В1	1,9	—	6,3	10,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Точка $Ц$ — место центровки связей.

Подбор сечений балок покрытий дан в табл. 5, определение усилий и подбор сечений связей — в табл 6.

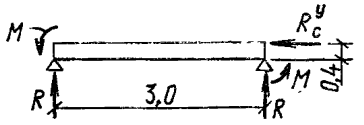


Рис. 61. Расчетная схема балки 2

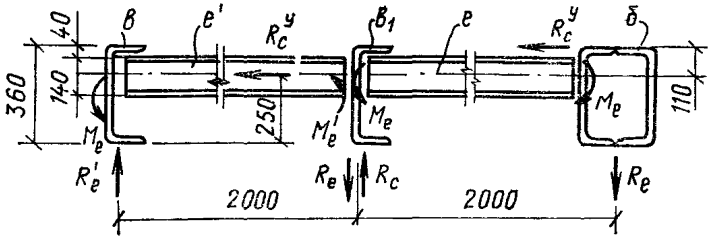


Рис. 62. Схема передачи усилий на балку в

II. Расчет перекрытия галереи

Схемы расположения балок, связей с указанием нагрузок и усилий приведены на рис 63, результаты расчета даны в табл. 7—10. *P* — узловая ветровая нагрузка для нижней связевой фермы.

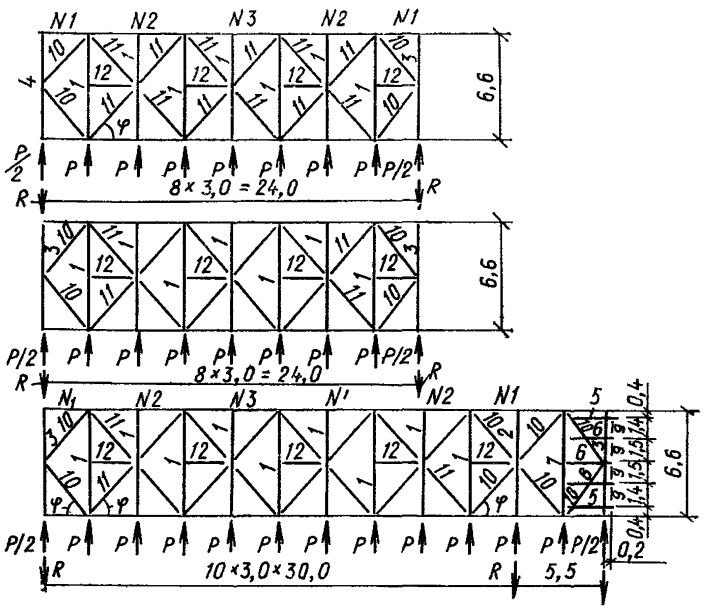
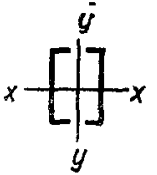
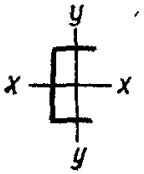


Рис. 63 Схема расположения балок и связей перекрытия

Таблица 5

Подбор сечений балок покрытия

№ рис.	Марка балки	Усилия: в точке С, M_x, тсм	Усилия: в точке С, верхний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке С, нижний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке Ц, M_x, тсм	Усилия: в точке Ц, верхний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке Ц, нижний пояс M_y, тсм	Усилия: N, тс	Сечение: эскиз	Сечение: состав	Геометрические характеристики сечения: F, см²	W_x, см³	W_y, см³: верхний пояс	W_y, см³: нижние пояса	σ, кг/см²: в точке С	σ, кг/см²: в точке Ц
Рис 55	1	9,7	1,63	3,15	2,5	0,6	4,25	1,9		2Гн[360×140×8	97,6	1034	450	450	1660	1210
	2	1	—	—	—	—	—	4,95		Гн[140×100×5	16,1	75,7	—	—	1630	—
	5	10,8	—	—	2,7	—	—	—		Гн[360× ×140×8	48,8	517	—	—	2090	520

Продолжение

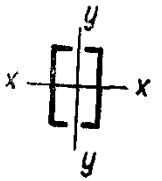
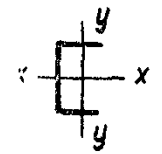
№ рис	Марка балки	Усилия: в точке С M_x, тсм	Усилия: в точке С верхний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке С нижний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке Ц M_x, тсм	Усилия: в точке Ц верхний пояс M_y, тсм	Усилия: в точке Ц нижний пояс M_y, тсм	N, тс	Сечение: эскиз	Сечение: состав	Геометрические характеристики сечения: F, см²	W_x, см³	W_y, см³: верхний пояс	W_y, см³: нижние пояса	σ, кг/см²: в точке С	σ, кг/см²: в точке Ц
Рис 59	*б*	10	2,8	2,8	2,54	1,05	2,95	1		2Гн [360× ×140×8	97,6	1034	450	450	1600	930
	в	12,1	—	—	—	—	—	—		Гн [360× ×160×8	52	572	—	—	2100	—
	$в_1$	10,3	—	—	—	—	—	—		Гн [360× ×140×8	48,8	517	—	—	2000	—
	е, *е'*	0,94	—	—	—	—	—	8,5		Гн [140× ×100×5	16,1	75,7	—	—	1800	—

Таблица 6

Определение усилий и подбор сечений связей

№ элементов по рис. 55 и 59	Усилия							Сечение		Геометрические характеристики сечения					σ, кгс/см²
	от скатных составляющих			от ветровых нагрузок			Σ N, тс	эскиз	состав	F, см²	l_p, см	r_{min}, см	λ	φ	
	Q, тс	cos γ	N, тс	Q, тс	sin γ	N, тс									
3	$\frac{4,95}{2}$	0,731	3,4	$\frac{0,95}{2}$	0,682	0,7	4,1		Гн [120×80×4	10,6	403	2,58	156	0,284	1360
4	$\frac{4,95}{2}$	0,731	3,4	3,8	0,682	5,6	9		Гн [140×100×5	16,1	403	3,23	125	0,422	1350
д	$\frac{8,5}{2}$	0,782	5,5	$\frac{0,95}{2}$	0,624	0,76	6,3		Гн [140×100×5	16,1	490	3,23	152	0,298	1320
е	$\frac{8,5}{2}$	0,782	5,5	2	0,624	3,2	8,7		Гн [140×100×5	16,1	490	3,23	152	0,298	1800

$P = 218 \cdot 3 = 0{,}65$ тс; $R = 3{,}25$ тс;

$\operatorname{tg}\varphi = 1{,}1$; $\sin\varphi = 0{,}74$; $\cos\varphi = 0{,}673$;

$\operatorname{tg}\varphi' = 1{,}21$; $\sin\varphi' = 0{,}771$; $\cos\varphi' = 0{,}637$.

Таблица 7

Определение усилий от ветровых нагрузок

Пролет фермы, м	P, тс	R, тс	Усилия в поясах ферм			Усилия в связях	
			N_1, тс	N_2, тс	N_3	S_{10}	S_{11}
24	±0,65	±2,6	0	±1,8	±2,4	−1,7	+2,7
30	±0,65	±3,25	0	±2,4	±3,6	−2,1	+3,5

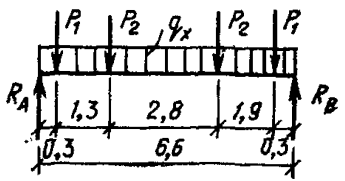
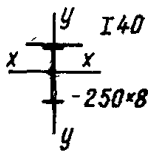
Таблица 8

Сбор нагрузок на балки перекрытия

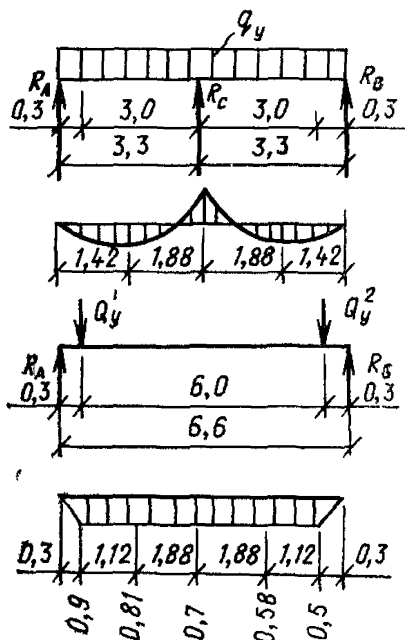
Классификация нагрузки	Наименование нагрузки	Единица измерения	Расчетная нагрузка	Ширина грузовой площади, м	Расчетная нагрузка на балку	Единица измерения
Постоянные	Бетонный пол $\delta = 40$ мм	кгс/м²	120	3	360	кгс/м
	Гидроизоляция	»	12	3	36	»
	Цементно-песчаная стяжка $\delta = 40$	»	86	3	258	»
	Утеплитель — пенобетон: $\gamma = 700$ кг/м³, $\delta = 120$	»	100	3	300	»
	Сборные железобетонные плиты	»	132	3	396	»
	Балки перекрытия и связи	»	44	3	132	»
Временные	Нагрузки от веса толпы, просыпи и деталей	»	390	3	1170	»
	Нагрузка на 1 стойку транспортера $B = 2000$ мм, $\gamma = 2500$ кг/м³	кгс/м	$\frac{1860}{2}$	3	2790	кгс
Постоянные	Стены	»	480	3	1440	»
	Отопительные приборы	»	192	3	576	»

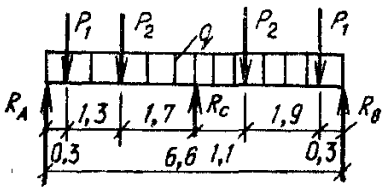
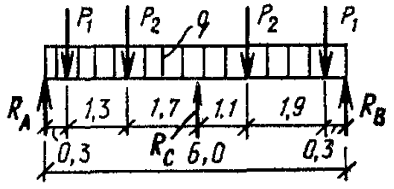
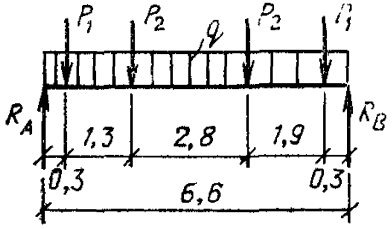
Таблица 9

Расчет балок перекрытия

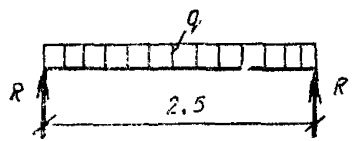
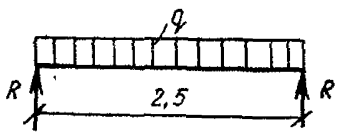
№ балок по рис. 62	Схема загружения	Нагрузки	Реакции, т		M, тм		N, т	Сечение	F, см²	W, см³		σ, кгс/см²
			R_A	R_C	M_{max}	M'				$W_x^{вп}$ / $W_x^{нп}$	$W_y^{вп}$	
	В плоскости x											
		q_x=2,65×0,951= =2,5 тс/м; P_1= =$P_{ст}$=1,9 тс; P_2=$P_{тр}$=2,66 тс	12,6	—	19,9	14,2	—		—	—	—	1960

Продолжение табл. 9

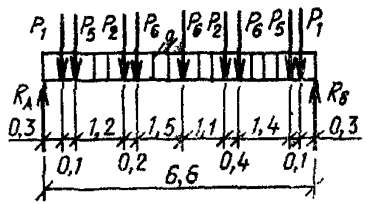
№ балок по рис 62	Схема загружения	Нагрузки	Реакции, т		M, тм		N, т	Сечение	F, см²	W, см³		σ, кгс/см²
			R_A	R_C	Mmax	M'				$\frac{W_x^{вп}}{W_x^{нп}}$	$W_y^{вп}$	
	В плоскости *y*											
		$q_y^{св}$ — скатная составляющая от веса плит, балок и связей q_y = 528×0,309 = = 0,163 тс/м	0,183	0,612	0,183	0,158	3,7		92,6	1560 / 1040	136	1920
		Q_y — скатная составляющая от всех остальных нагрузок, передается в месте опирания плит Q_y^1 = 3,5 тс, Q_y^2 = = 3,4 тс	3,51	—	1,08	1,07	—		—	—	—	—

2		q=2,65 тс/м; p_1= =2,02 тс, p_2=2,79 тс	4,9	16,3	5,9		4,6	2—200×10—250×8 	60	580	—	1100
		q=1,32 тс/м; p_1= =1,01 тс; p_2= =1,54 тс	2,45	8,15	2,95		3,25	2—150×8—200×6 	36	277	—	1150
4		q=1,32 тс/м; p_1= =1,01 тс; p_2= =1,54 тс	6,65	—	10,4	—	—	конструктивные, назначаются в зависимости от высоты подпорной стенки железобетонной опоры	—	—	—	—

Продолжение табл. 9

№ балок по рис. 63	Схема загружения	Нагрузки	Реакции, т		M, тм		N, т	Сечение	F, см²	W, см³		σ, кгс/см²
			R_A	R_C	M_{max}	M'				$\frac{W_x^{вп}}{W_x^{нп}}$	$W_y^{вп}$	
5		для монолитного участка перекрытия $q=(0,64+0,39)\times$ $\times 1,1$; $q_{ст}=0,67\times$ $\times 1,1$; $\Sigma q=1,8$ тс/м	2,25	—	1,43	—	—	I 14	17,4	81,7	—	1750
6		$q=1,5$ тс/м	1,75		1,2	—	—	I 14	—	—	—	—

В плоскости *x*



q_x=1,25 тс/м; p_1= =0,95 тс; p_2= =2,66 тс;

p_5=2,14тс, p_6=1,45 тс } реакции балок 5 и 6

12,2	—	18,5	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 9

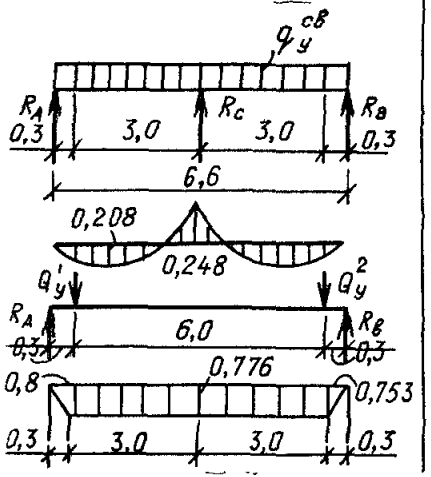
№ балок по рис. 63	Схема загружения	Нагрузки	Реакции, т		M, тм		N, т	Сечение	F, см²	W, см³		σ, кгс/см²
			R_A	R_C	M_{max}	M'				$\frac{W_x^{вп}}{W_x^{нп}}$	$W_y^{вп}$	
	В плоскости *y* 	q_y=0,215 тс/м Q_y'=2,66 тс; Q_y^2=2,5 тс	0,248 2,65	0,803 —	—0,248 0,776	0,208 0,8	1 —	Сечение то же, что для балки 1	— —	— —	— —	—
8		Нагрузка с половины монолитного участка	—	—	—	—	—	То же	—	—	—	—
9		Нагрузки очень малы	—	—	—	—	—	Конструктивно то же сечение, что для балок 5 и 6	—	—	—	—

Таблица 10

Подбор сечений связей перекрытия

№ элементов по рис 63	Усилие, т	Сечение	F, см²	$l_р$, см	r_{min}, см	λ	φ	σ, кгс/см²
10	—2,1	∟ 160×10	62,8	445	3,19	139	По гибкости	
11	+5,3	∟ 63×5	7,28	1,24	360	400	—	720
Тяж 12	0,6	∟ 63×5	Конструктивно					

III. Расчет фермы

В нашей галерее имеются три фермы: ферма рядовая $L=24$ м, ферма консольная $L=30+6$ м и ферма $L=24$ м у неподвижной опоры (*Ф1, Ф2, Ф3*). Схемы ферм приведены на рис. 64, определение узловых нагрузок дано в табл. 11.

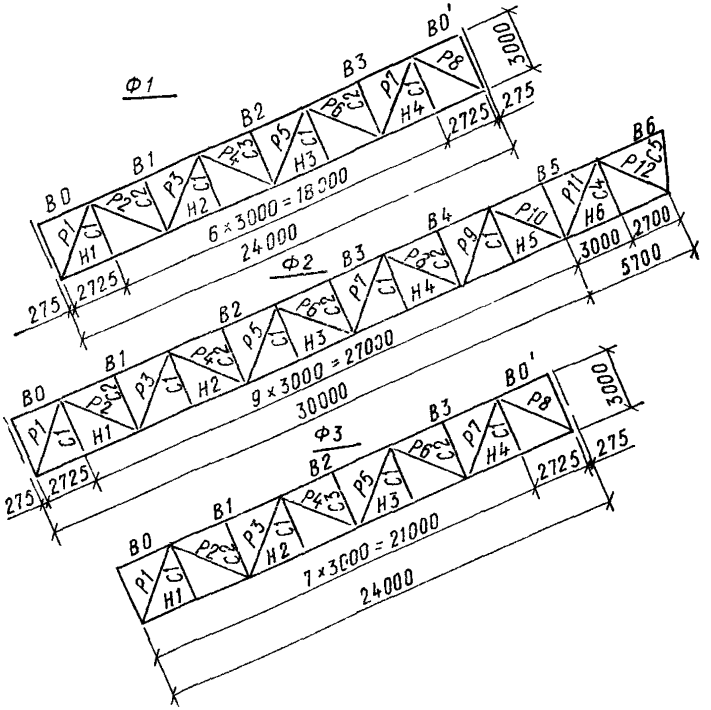


Рис. 64. Схемы ферм с маркировкой элементов

Определение нагрузок от снегового мешка

Схема приложения нагрузок на консольном участке приведена на рис 65. Вычисление нагрузок производится по рис 66.

$$q_1 = \frac{3+2{,}55}{2}\ 2{,}26\cdot 0{,}21 = 1{,}32\ \text{тс/м};$$

$$q_2 = \frac{2{,}55+1{,}88}{2}\ 3{,}33\cdot 0{,}21 = 1{,}55\ \text{тс/м};$$

$$q_3 = \frac{1{,}88+1{,}31}{2}\ 2{,}85\cdot 0{,}21 = 0{,}96\ \text{тс/м};$$

$$q_4 = \frac{0{,}74+1{,}31}{2}\ 2{,}85\cdot 0{,}21 = 0{,}61\ \text{тс/м};$$

$$q_5 = \frac{0{,}17+0{,}74}{2}\ 2{,}85\cdot 0{,}21 = 0{,}55\ \text{тс/м};$$

$$q_6 = \frac{1}{2}\ 0{,}17\cdot 0{,}86\cdot 0{,}21 = 0{,}015\ \text{тс/м}.$$

Кроме вертикальных нагрузок на галерею оказывают действие другие виды нагрузок, вызывающие усилия в элементах ферм.

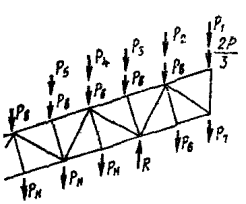


Рис. 65. Схема приложения нагрузок на консольном участке фермы

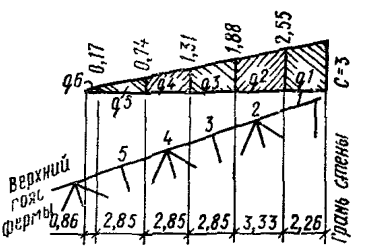


Рис. 66. Определение нагрузок от снегового мешка

Стойки ферм воспринимают изгибающий момент от ветровой нагрузки (рис. 67):

$$q = 66\cdot 1\cdot 1{,}62\cdot 3 = 0{,}321\ \text{тс/м};$$

$$R_в = 0{,}48\ \text{тс};$$

$$R_н = 0{,}48\ \text{тс};$$

$$M = 0{,}362\ \text{тсм}.$$

В поясах ферм возникают усилия от следующих воздействий:
1) от поперечного ветра. Усилия в поясах ферм смотри в расчете связей по верхнему и нижнему поясу ферм;

2) скатная составляющая реакции балок кровли, которая вызывает момент в верхнем поясе фермы. Определение момента дано после подбора сечений;

3) в крайней панели нижнего пояса и опорном раскосе возникает момент:

от эксцентричного приложения реакции фермы; от разности реакций смежных ферм; моменты определяются после подбора сечений;

4) в нижнем поясе ферм возникает усилие от продольной нагрузки от транспортера. Это усилие складывается из: скатной составляющей от веса ленты и материала — 416 кгс/м; продольной нагрузки от разности сил сопротивления рабочих и холостых роликов — 31 кгс/м; продольной нагрузки от разности сил инерции вращения рабочих и холостых роликов — 50 кгс/м

Методика определения этих нагрузок дана в прил. 5 и 6.

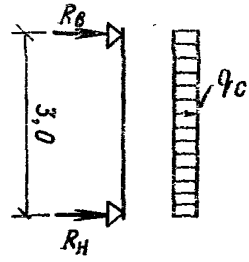


Рис. 67. Определение нагрузок от ветра

Суммарная продольная нагрузка на нижний пояс фермы с учетом несимметричного положения транспортера составит

$$\tau = \frac{3,6}{6,6}(416 + 31 \cdot 1,5 + 50) = 280 \text{ кгс/м} \quad \text{фермы.}$$

Кроме того, в элементах фермы возникают усилия:

а) от заклинивания ленты

$$\tau_a = 230 \text{ кгс/м};$$

б) от обрыва ленты

вертикальная — направлена вверх $q_a = 1300$ кгс/м;

продольная $\tau_{a1} = 71$ кгс/м.

Методика определения этих нагрузок дана в прил. 7.

Усилия от них входят в особое сочетание, так как это аварийный режим работы, и не являются расчетными;

5) в крайней панели нижнего пояса фермы у неподвижной опоры возникают усилия от продольного ветра $W_{\text{прод}} = 0,1 W_{\text{поп}} = 0,1 \cdot 41,6 = 4,2$ т и от температурного воздействия

$$P t^0 = m \Sigma \frac{3 \Delta E J}{H^3},$$

где $\Delta = 0,001 L = 0,001 (24 + 30 + 6) = 0,06$ м $= 6$ см;

$H_1 = 15,5$ м; $H_2 = 25,5$ м;

$m = 0,5$; $J = 4 \cdot 10^5$ см^4;

$$P t^0 = 0,5 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 4,0 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{15,5^3 \cdot 10^6} + \frac{1}{25,5^3 \cdot 10^6} \right) = 2,6 \text{ тс}.$$

Проверка сечения стоек ферм с учетом момента от ветра

$$N = -5,7 \text{ тс}; \quad M = 0,362 \text{ тсм}.$$

Таблица 11

Определение узловых нагрузок для расчета ферм

Место приложения	Классификация нагрузки	Нагрузка	Единица измерения	Расчетная нагрузка	Грузовая площадь	Нагрузка в узел фермы, тс
Верхний узел фермы	Постоянная	От собственного веса кровли	кгс/м²	161	9,9	1,6
		От промпроводки	»	60	9,9	0,6
		Итого				2,2
	Временная	От снега	»	210	9,9	2,1
		От пыли	»	60	9,9	0,6
		Итого				2,7
		Всего в узел фермы $P_в$	—	—	—	4,9
	Временная	От монорельса $P_м$	тс	1,3	—	1,3
	Временная	От снегового мешка:				
		$P1$	кгс/м	1,32	3,3	4,4
		$P2$	»	1,55	3,3	5,1
		$P3$ см. рис. 65, 66	»	0,96	3,3	3,2
		$P4$	»	0,61	3,3	2
		$P5$	»	0,55	3,3	1,8

Нижний узел фермы	Постоянная	От собственного веса пола	кгс/м²	494	9	4,45
		От собственного веса стен	кгс/м	480	3	1,45
		От отопительных приборов	»	192	3	0,6
		Итого				6,5
Нижний узел фермы	Постоянная на монолитном участке консоли	От собственного веса пола на монолитном участке	кгс/м²	637	4,5	2,9
		От собственного веса стен	кгс/м	480	1,5	0,7
		От отопительных приборов	»	192	1,5	0,3
		Итого				3,9
	Временная	От веса толпы, просыпи и деталей	кгс/м²	390	9	3,5
		От транспортера	кгс/м	$\frac{1860}{2}$	$3\frac{7,2}{6,6}$	3
		Итого				6,5
		Всего в узел фермы $P_в$	—	—	—	13
		На консоли:				
		*P*6	—	—	—	13,7
		*P*7	—	—	—	7,2

Таблица 12

Комбинации усилий в элементах ферм Ф1 и Ф3

Наименование элементов	Марка стержней	Усилия								Суммарные усилия	
		От вертикальных нагрузок			От поперечного ветра	От продольных нагрузок					
						от транспортера		для Ф3			
		по верхнему поясу	по нижнему поясу	от $P_м$		для Ф1	для Ф3	от $P_{t°}$	от $W_{прод}$	для Ф1	для Ф3
Верхний пояс	В0	0,8	0	0	±3,1	—	—	—	—	—3,1	—3,1
	В1	27,6	—71,4	—1,3	±3,1	—	—	—	—	—103,4	—103,4
	В2	—36,8	—94,8	—2,6	±4,6	—	—	—	—	—138,8	—138,8
	В3	—27,2	—68,8	—1,1	±3,1	—	—	—	—	—100,2	—100,2
	В0[1]	0,8	0	0	±3,1	—	—	—	—	—3,9	—3,9
Нижний пояс	Н1	10,2	30	0,5	±1,8	±10,6	±17,1	—	—	53,1	59,6
	Н2	31,6	86,8	1,8	±2,4	±12,2	±18,7	—	—	134,8	141,3
	Н3	34,2	95,2	1,9	±2,4	±13,8	±20,3	—	—	147,5	154
	Н4	18,4	54	0,7	±1,8	±15,4	±21,9	±2,6	±3,2	90,3	100,8

Раскосы	P1	—24,6	—58	—1	—	—	—	—	—	—83,6	—83,6
	P2	18,2	44	1	—	—	—	—	—	63,2	63,2
	P3	—11,8	—26,4	—1	—	—	—	—	—	—39,2	—39,2
	P4	5,4	8	1	—	—	—	—	—	14,4	14,4
	P5	1,2	8	0,8	—	—	—	—	—	10	10
	P6	—7,6	—26,4	—0,8	—	—	—	—	—	—34,8	—34,8
	P7	14,6	44	0,8	—	—	—	—	—	59,4	59,4
	P8	—19,4	—58	—0,8	—	—	—	—	—	—78,2	—78,2
Стойки	C1	0	12	0	—	—	—	—	—	12	12
	C2	—4,5	0	0	—	—	—	—	—	—4,5	—4,5
	C3	—4,5	0	—1,2	—	—	—	—	—	—5,7	—5,7
Опорное давление	$R_{лев}$	21,2	45,5	0,7	—	—	—	—	—	67,4	67,4
	$R_{прав}$	18	45,5	0,6	—	—	—	—	—	64,1	64,1

Принимаем сечение + 80×6:

$$F = 18{,}76 \text{ см}^2 \; ; \quad W_{\min} = 29{,}38 \text{ см}^3; \quad r_x = r_y = 3{,}72 \text{ см};$$

$$\lambda_x = 65; \quad \lambda = 2{,}05; \quad \lambda_y = 81; \quad \varphi_y = 0{,}709;$$

$$e = \frac{0{,}362}{5{,}7} = 6{,}4 \text{ см}; \quad m_x = 4{,}1; \quad \eta = 1; \quad m_{1x} = 4{,}1;$$

$$\varphi_{вн} = 0{,}254; \quad \sigma = \frac{5700}{18{,}76 \cdot 0{,}254} = 1200 \text{ кгс/см}^2;$$

$$C = \frac{1}{1 + 0{,}855 \cdot 4{,}1} = 0{,}222;$$

$$\sigma = \frac{5700}{18{,}76 \cdot 0{,}222 \cdot 0{,}709} = 1940 \text{ кг/см}^2.$$

Растянутая стойка:

$$N = 13 \text{ тс}; \quad M = 0{,}362 \text{ тсм};$$

$$\sigma = \frac{13000}{18{,}76} + \frac{26200}{29{,}38} = 1920 \text{ кгс/см}^2.$$

Результаты расчета ферм даны в табл. 12—18.
Определение моментов в опорных узлах ферм для:
двух ферм пролетом 24 м каждая (рис. 68,*а*);
ферм пролетом 24 и 30 м (рис. 68,*б*).

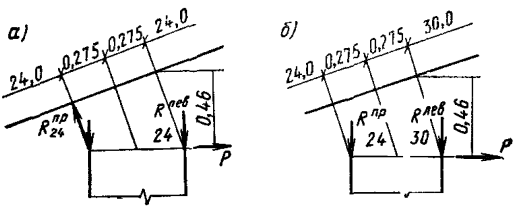


Рис. 68. Определение моментов в опорных узлах
а — для двух ферм пролетом 24 м каждая, *б* — для двух ферм пролетами 24 и 30 м

Таблица 13

Комбинации усилий в элементах фермы Ф2

Наименование элементов	Марка стержней	Усилия								
		От вертикальных нагрузок						от поперечного ветра	от продольной нагрузки от транспортера	Суммарные усилия
		загружение пролета			загружение консоли		от снегового мешка			
		по верхнему поясу	по нижнему поясу	$P_м$	по верхнему поясу	по нижнему поясу				
Верхний пояс	В0	0,8	0	0	0	0	0	±4,1	—	—3,3
	В1	—37,4	—100	—1,3	1,8	5,4	0,8	±4,1	—	—142,8
	В2	—56,3	—150	—2,7	3,6	10,8	1,6	±6,5	—	—215,5
	В3	—57	—150	—2,4	5,4	16,2	2,4	±6,5	—	—215,9
	В4	—38,2	—100	—1,2	7,2	21,6	3,8	±4,1	—	—143,5
	В5	—0,8	0	0	9,7	27	11,7	±4,1	—	52,5
	В6	—	—	—	0	0	0	±2,5	—	±2,5
Нижний пояс	Н1	14,2	40	0,4	—0,7	—1,6	—0,2	±2,4	±8,9	65,9
	Н2	45,4	125	1,8	—2,4	—7,2	—1	±2,4	±7,3	181,9
	Н3	57,6	157,5	3,1	—4,3	—12,4	—1,8	±3,6	±5,7	227,5
	Н4	51,6	142	2	—6,1	—18	—2,6	±2,4	±4,1	202,1
	Н5	26,6	75	0,8	—7,8	—23,4	—5,3	±2,4	±2,4	107,2
	Н6	—	—	—	—4,3	—14	—5,7	±1,5	±0,8	—26,3
Раскосы	Р1	—32	—78,5	—0,9	1,2	3,6	0,6	—	—	—111,4
	Р2	25	62	0,9	—1,2	—3,6	0,6	—	—	87,9
	Р3	—18,6	—44	—0,9	1,2	3,6	0,6	—	—	—63,5
	Р4	12	26	0,9	—1,2	—3,6	—0,6	—	—	38,9
	Р5	—6	—8	—0,9	1,2	3,6	0,6	—	—	—14,9
	Р6	—0,8	—8	—0,8	—1,2	—3,6	—0,6	—	—	—15
	Р7	7	26	0,8	1,2	3,6	0,6	—	—	39,2
	Р8	—14	—44	—0,8	—1,2	—3,6	—0,6	—	—	—64,2
	Р9	21	62	0,8	1,2	3,6	3	—	—	91,6
	Р10	—27,6	—78,5	—0,8	—1,2	—3,6	—5,7	—	—	—117,4
	Р11	—	—	—	—11,2	—27,7	—12,8	—	—	—51,7
	Р12	—	—	—	4,6	10,2	5,8	—	—	20,6
Стойки	С1	0	+12	0	0	0	0	—	—	12
	С2	—4,6	0	0	0	0	0	—	—	—4,6
	С4	—	—	—	0	13	0	—	—	13
	С5	—	—	—	0	0	—4,4	—	—	—4,4
Опорное давление	$R_{лев}$	26,1	58,5	0,7	—0,85	—2,7	—0,4	—	—	85,3
	$R_{прав}$	22,9	58,5	0,6	11,5	23,6	16,9	—	—	134

Таблица 14

Подбор сечений элементов ферм Ф1 и Ф3

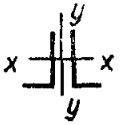
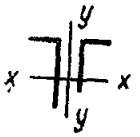
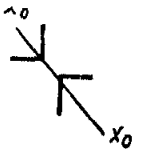
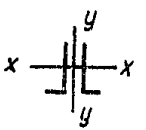
Наименование элементов	Марка стержней	Усилия, т	Сечение: эскиз	Сечение: состав	F, см²	l_p, см: x	l_p, см: y	r, см: x	r, см: y	λ: x	λ: y	φ	m	σ, кгс/см²	Дополнительные данные
Верхний пояс	В2	—139		2L160×12	74,8	300	300	4,94	6,95	61	43	0,716	1	2580	Ст НЛ
Нижний пояс	Н3	154		2L160×10	62,8	300	300	—	—	—	—	—	1	2450	Ст НЛ
Раскосы	Р1, Р8 Р2, Р7 Р3, Р6 Р4, Р5	—83,6 63,2 —39,2 14,4		2L180×11 2L100×8 2L125×8 2L63×5	77,6 31,2 39,4 12,3	405 339 339 339	405 424 424 424	5,6 — 3,87 —	7,74 — 5,39 —	72 — 88 —	53 — 79 —	0,759 — 0,667 —	1 1 0,8 1	1430 2020 1860 1200	Сталь углеродистая
Стойки	С1 С2 С3	12 —5,7		2L80×6 2L80×6	18,76 18,76	— 240	— 300			См. стр. 84					То же

Таблица 15

Подбор сечений элементов фермы Ф2

Наименование элементов	Марка стержней	Усилия, т	Сечение: эскиз	Сечение: состав	F, см²	$l_р$, см: x	$l_р$, см: y	r, см: x	r, см: y	λ: x	λ: y	φ	m	σ, кгс/см²	Дополнительные данные
Верхний пояс	В3	—216		2L200×13	101,8	300	300	6,21	8,58	48	35	0,847	1	2500	Ст НЛ
	В5	+52,5		2L200×13	101,8	300	300	—	—	—	—	—	1	—	
Нижний пояс	Н3	+227,5		2L200×13	101,8	300	300	—	—	—	—	—	1	2230	Ст НЛ
	Н6	—26,3		2L200×13	101,8	300	300	6,21	8,58	48	35	0,847	1	—	
Раскосы	Р1, Р10	—117,4		2L180×12	84,4	425	425	5,59	7,76	76	55	0,737	1	1890	
	Р2, Р9	+91,6		2L140×10	54,6	339	425	—	—	—	—	—	1	1660	Сталь углеродистая

Продолжение табл. 15

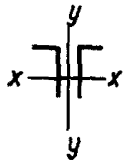
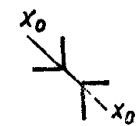
Наименование элементов	Марка стержней	Усилия,	Сечение: эскиз	Сечение: состав	F, см²	$l_р$, см: x	$l_р$, см: y	r, см: x	r, см: y	λ: x	λ: y	φ	m	σ, кгс/см²	Дополнительные данные
Раскосы	Р3, Р8	−64,2		2L160×10	62,8	339	425	4,96	6,91	68	62	0,78	0,8	1640	Сталь углеродистая
	Р4, Р7	+39,2		2L90×7	24,6	339	425	—	—	—	—	—	1	1600	
	Р5, Р6	−15		2L90×7	24,6	339	425	2,77	3,99	123	107	0,433	0,8	1750	
	Р11	−51,7		2L140×10	54,6	425	425	4,33	6,12	98	70	0,597	1	1600	
	Р12	+20,6		2L63×5	12,3	324	405	—	—	—	—	—	1	1680	
Стойки	С1, С4	+13		2L80×6	18,76	248	310	См. стр. 84							То же
	С2, С5	−4,6		2L80×6	18,76										

Таблица 16

Определение момента в верхнем поясе ферм от скатной составляющей реакции балок кровли

Марка фермы	Сечение балки кровли	Сечение верхнего пояса	$R^{вп}_{у}$, тс	M, тсм	$R^{нп}_{у}$, тс	M, тсм	ΣM, тсм	N, тс
Ф2	2 Гн [360×140×8	2L200×13	1,5	0,31	8,5	0,23	0,54	—216
Ф1, Ф3		2L160×12	1,5	0,3	8,5	0,19	0,49	—139

Таблица 17

Определение моментов в опорных узлах ферм

Высота опоры, м	Δ, м	$R^{лев}$, тс	$R^{пр}$, тс	P, тс	$M_{оп}$, тсм	Сечение нижнего пояса	l	Сечение опорного раскоса	l	$M_{нд}$, тсм	$M_{ор}$, тсм
15,5	0,01	67,4	64,1	0,03	0,69	2L160×10	5,16	2L180×11	6	0,32	0,37
25,5	0,01	85,3	64,1	0,22	0,95	2L200×13	13,1	2L180×12	6,6	0,63	0,32

IV. Расчет опорных рам

Имеем три различные рамы, отличающиеся нагрузками: рама фермы $L=24$ м, рама фермы $L=30$ м у свободного конца, рама фермы $L=30$ м у консоли.

Расчетная схема рам приведена на рис. 69, сбор нагрузок на рамы дан в табл. 19.

Результаты статического расчета рам сведены в табл. 20. Подбор сечений ригелей рам приведен в табл. 21, а стоек рам — в табл. 22.

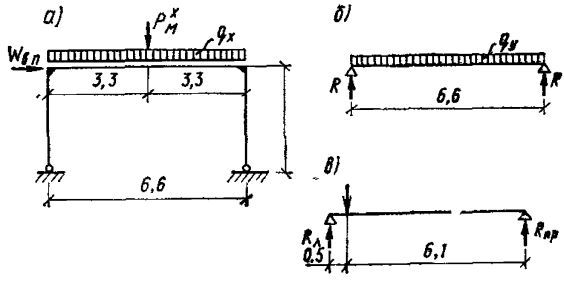


Рис. 69. Расчетные схемы рам

а — в плоскости, *б* — из плоскости по верхнему поясу ригеля; *в* — по нижнему поясу

Таблица 18

Дополнительная проверка сечений элементов ферм с учетом моментов

Марка фермы	Наименование элементов	Усилия		Сечение	F, см²	W, см³	σ, кгс/см²	l, см		r, см		λ		$\bar{\lambda}$	Проверка устойчивости								
															в плоскости фермы						из плоскости		
		M, тсм	N, тс					x	y	x	y	x	y		e, см	m_k	η	m_x	$\varphi_{вп}$	σ, кгс/см²	C	φ_y	σ, кгс/см²
Ф2	Верхний пояс	0,54	—216	2L200×13	101,8	269	—	300	300	6,21	8,58	48	35	1,78	0,25	0,11	19	0,12	0,831	2550	0,935	0,91	2500
Ф1, Ф3		0,49	—139	2L160×12	74,8	157	—	300	300	4,94	6,95	61	43	2,16	0,35	0,17	1,17	0,2	0,745	2500	0,895	0,873	2380
Ф2	Нижний пояс	0,63	65,9	2L200×13	101,8	269	900																
Ф1, Ф3		0,32	90,3	2L160×10	62,8	132	1680																
Ф2	Опорный раскос	0,32	—117,4	2L180×12	84,4	201	—	425	425	5,59	7,76	76	55	2,4	0,27	0,11	1,26	0,14	0,736	1900	0,93	0,843	1500
Ф1, Ф3		0,37	—83,6	2L180×11	77,6	185	—	405	405	5,6	7,74	72	53	2,28	0,44	0,15	1,16	0,17	0,723	1500	0,905	0,853	1400

Таблица 19

Сбор нагрузок на рамы

№ рам	Характеристика рамы фермы	В плоскости x			В плоскости y	
		q_x, т/м	P^x_M, m	W, т	q_y, т/м	P_W, т
1	$L=24$ м	0,7	1,24	3,8	0,2	3,1
2	$L=30$ м рядовой	0,7	1,24	4,75	0,2	4,1
3	$L=30$ м консольной	1,41	1,24	6,65	0,4	3,6

V. Проверка пролетного строения $L=24$ м на динамические воздействия

Нагрузки на пролетное строение даны в табл. 23.

Определение частоты собственных колебаний пролетного строения

$$\theta = \alpha \frac{\beta}{l} \sqrt{\frac{E \hbar P^*}{R_0 P_0}} = 9 \frac{1}{24} \sqrt{\frac{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 117{,}07}{2900 \cdot 93{,}67}} = 19{,}5 \frac{1}{\text{с}}.$$

Определение частоты вынужденных колебаний пролетного строения:

от рабочей ветви транспортера

$$\omega_p = \frac{2v}{d_p} = \frac{2 \cdot 200}{19{,}4} = 20{,}6 \frac{1}{\text{с}};$$

от холостой ветви

$$\omega_x = \frac{2v}{d_x} = \frac{2 \cdot 200}{15{,}9} = 25{,}2 \frac{1}{\text{с}}.$$

Определение границ частотной зоны:

$$0{,}8\,\theta = 0{,}8 \cdot 19{,}5 = 15{,}6 \frac{1}{\text{с}}; \quad 1{,}2\,\theta = 1{,}2 \cdot 19{,}5 = 23{,}4 \frac{1}{\text{с}}.$$

Частота вынужденных колебаний от рабочей ветви транспортера находится в частотной зоне собственных колебаний пролетного строения. Необходимо произвести расчет строительных конструкций с учетом динамических нагрузок от рабочей ветви транспортера.

Определение динамических нагрузок

Эпизодические динамические нагрузки от рабочей ветви транспортера

$$P_{\text{д.э}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-5} v^2 \lambda}{d_p} [K_1 (q_л + q_м) + 4 K_2 q_p] =$$

$$= \frac{1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 200^2 \cdot 1}{19{,}4} [1{,}2 (73{,}6 + 1000) + 4 \cdot 1{,}6 \cdot 116] =$$

$$= 50{,}16 \text{ кгс/м}.$$

Систематические динамические нагрузки от рабочей ветви транспортера

$$P_{\text{д.с}} = \lambda P_{\text{д.э}} = 0{,}923 \cdot 50{,}16 = 46{,}4 \text{ кгс/м},$$

Таблица 20

Таблица комбинаций усилий в элементах рам

№ рам	Усилия в плоскости x														Усилия в плоскости y		Суммарные усилия							
	в ригеле								в стойке								в ригеле					в стойке		
	от q_x			от $P_м^x$			от W		от q_x		от $P_м^x$		от W		M_y, тсм									
	$M_{угл}$, тсм	$M_{пр}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	$M_{пр}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	N, тс	от q_y	от P_w	$M_{угл}$, тсм	M_x в середине пролета, тсм	M_x в месте центровки связей, тсм	$M_y^{вп}$, тсм	$M_y^{нп}$, тсм	N, тс	$M_{угл}$, тсм	N, тс
1	1,83	2	0,5	0,62	1,43	0,2	6,65	1,9	1,83	2,3	0,62	0,62	6,65	2	1,09	1,43	9,1	3,4	6,73	1,09	1,43	2,6	9,1	4,9
2	1,83	2	0,5	0,62	1,43	0,2	8,3	2,37	1,83	2,3	0,62	0,62	8,3	2,52	1,09	1,9	10,75	3,4	8,13	1,09	1,9	3,1	10,75	5,4
3	4,1	3,56	1	0,69	1,23	0,2	11,6	3,32	4,1	4,65	0,69	0,62	11,6	3,52	2,18	1,67	16,4	4,8	12,1	2,18	1,67	4,5	16,4	8,8

Таблица 21

Подбор сечений ригелей рам

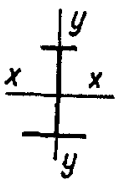
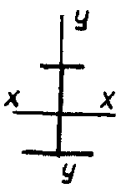
Марка рамы	Усилия: в рамном узле M_x, тсм	Усилия: в середине пролета M_x, тсм	Усилия: в середине пролета $M_y^{в.п}$, тсм	Усилия: в месте центровки связей M_x, тсм	Усилия: в месте центровки связей $M_y^{н.п}$, тсм	N, тс	Сечение	F, см²	W_x^{max}, см³	W_x^{min}, см³	$W_y^{н.п}$, см³	σ, кгс/см², в рамном узле	σ, кгс/см², в месте центровки связей
1	9,1	3,4	1,09	6,73	1,43	2,6	 —200×8 —340×6 —300×12	72,4	1222	704	180	1570	1760
2	10,75	3,4	1,09	8,13	1,9	3,1							
3	16,4	4,8	2,18	12,1	1,67	4,5		83,8	1350	1000	205	1750	1810
							 —250×10 —340×6 —320×12						

Таблица 22

Подбор сечений стоек рам

Марка рамы	Усилия		Сечение	F, см²	W, см³	$i_р : i_{ст}$	μ	$l_р^x$, см	l_y, см	r, см		λ		$\bar{\lambda}$	Проверка устойчивости								
															в плоскости рамы						из плоскости		
	M_x, тсм	N, тс								x	y	x	y		l, см	m_x	η	$m_{l\,x}$	$\varphi_{вн}$	σ, кгс/см²	C	φ_y	σ, кгс/см²
1	9,1	4,9	2—200×10—300×6	58	685	0,82	2,43	899	300	13,74	4,8	65	63	2,05	200	17	1,336	22,7	20	Не требуется	0,06	0,805	1930
2	10,75	5,4	2—250×12—300×6	78	984	0,63	2,51	930	300	14,3	5,83	65	52	2,05	186	14,7	1,336	19,5	0,067	1530	0,07	0,858	1880
3	16,4	88																					

Таблица 23

Расчетные нагрузки на пролетное строение

Воздействия	Наименование элемента	Формула подсчета Нагрузка, кгс/см	Величина
Постоянные	Покрытие	$\frac{6,6}{100}(36+66+9+17+33)$	10,6
	Стены	$\frac{2}{100}[2,6\,(44+72+9)+0,4\times 264+192]$	12,48
	Перекрытие	$\frac{6,494}{100}$	29,6
Временные длительные	Покрытие	$\frac{6,6}{100}[60+(210-70)]$	13,2
	Перекрытие	$\frac{1}{100}1860$	18,6
Кратковременные	Покрытие	$\frac{6,6}{100}(70+60)$	8,6
		$\frac{1}{100}\frac{1300}{24}$	0,59
	Перекрытие	$\frac{6,0}{100}390$	23,4
	P^*	$10,6+12,48+29,6+13,2+18,6+8,6+0,59+23,4$	117,07
	P_0	$10,6+12,48+29,6+13,2+18,6+8,6+0,59$	93,67
	P_1'	$10,6+13,2$	23,8
	P_2'	$29,6+18,6$	48,2

где λ — коэффициент синфазности принят для числа роликов рабочей ветви, равного 24.

Расчет с учетом динамических нагрузок.

Коэффициент динамичности для проверки прочности без учета выносливости

$$K_{д.э} = 1{,}05 \cdot 10^3 \frac{P_{д.э}\,\psi_1}{\psi_2\,P_0\,\delta_1\,\gamma\,\theta^2} =$$

$$= 1{,}05 \cdot 10^3 \frac{0{,}5016 \cdot 2}{2{,}65 \cdot 93{,}67 \cdot 6{,}45 \cdot 0{,}025 \cdot 19{,}5^2} = 0{,}069,$$

где

$\psi_1 = 2$ определяется по рис. 50

в зависимости от значений коэффициентов ξ_2 и $\frac{l_к}{l}$

$$\xi_2 = 0{,}029 \sqrt[4]{\frac{P_2' l_2 b^3 \theta^2}{E J_2}} = 0{,}029 \sqrt[4]{\frac{48{,}2 \cdot 300 \cdot 660^3 \cdot 19{,}5^2}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 25600}} =$$

$$= 0{,}38; \quad \frac{l_к}{l} = 0;$$

$$\psi_2 = 1 - \varepsilon + \psi_2' + \psi_2'' = 1 - 0{,}78 + 1{,}15 + 1{,}28 = 2{,}65,$$

$$\text{где} \quad \varepsilon = \frac{P_2' + P_1'}{P_0} = \frac{48{,}2 + 23{,}8}{93{,}67} = 0{,}78;$$

ψ_2' и ψ_2'' определяются по рис. 49

в зависимости от параметров

$$\xi_1' = \xi_1 \sqrt{\mu} = 0{,}33 \sqrt{0{,}98} = 0{,}32;$$

$$\xi_2' = \xi_2 \sqrt{\mu} = 0{,}38 \sqrt{0{,}98} = 0{,}375;$$

$$\xi_1 = 0{,}028 \sqrt[4]{\frac{P_1 l_1 b^3 \theta^2}{E J_1}} = 0{,}028 \sqrt[4]{\frac{23{,}8 \cdot 300 \cdot 660^3 \cdot 19{,}5^2}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 18600}} = 0{,}33;$$

$\mu = 0{,}98$ определяется по рис. 51

в зависимости от

$$\xi_{max} = \xi_2 = 0{,}38 \quad \text{и} \quad \varepsilon;$$

$\delta_1 = 6{,}45$ см — статический прогиб фермы в середине пролета от расчетных нагрузок, принят по расчету на ЭВМ,

$\gamma = 0{,}025$ (формула 6 прил. 8).

Коэффициент динамичности для проверки прочности с учетом выносливости

$$K_{д.с} = 1{,}05 \cdot 10^3 \frac{P_{д.с}\,\psi_1}{\psi_2\,P_0\,\delta_1\,\gamma\,\theta^2} = \lambda\,K_{д.э} = 0{,}923 \cdot 0{,}069 = 0{,}0635.$$

Проверка сечений, принятых в результате статического расчета, производится по прочности и по прочности с учетом усталости материалов.

Проверка верхнего пояса фермы по прочности (табл. 24).

Таблица 24

Проверка сечений верхнего пояса фермы по прочности

Наименование элементов	Усилия		Сечение	$\sigma_{проч}$, кгс/см²	Проверка устойчивости								
					в плоскости фермы						из плоскости		
	ΣM, тсм	ΣN, тс			l, см	m_x	η	m_{1x}	$\varphi_{вн}$	σ, кгс/см²	C	φ_y	σ, кгс/см²
Верхний пояс фермы	0,52	148	2L160×12	2310	0,35	0,156	1,19	0,186	0,739	2680	0,895	0,873	2540

Суммарные усилия с учетом статических и динамических нагрузок в точке *B2*:

$$\Sigma N = 139\ (1 + 0{,}069) = 148\ \text{тс};$$

$$\Sigma M = 0{,}49\ (1 + 0{,}069) = 0{,}52\ \text{тсм}.$$

Сечение, принятое в статическом расчете, удовлетворяет условиям прочности на суммарные усилия от статических и динамических нагрузок.

Проверка верхнего пояса фермы по прочности с учетом усталости материалов (табл. 25).

Таблица 25

Проверка сечений верхнего пояса фермы с учетом усталости

Наименование элемента	Усилия		Сечение	$\sigma_{проч}$, кгс/см²	Проверка устойчивости								
					в плоскости фермы						из плоскости		
	ΣM, тсм	ΣN, тс			l, см	m_x	η	m_{1x}	$\varphi_{вн}$	σ, кгс/см²	C	φ_y	σ, кгс/см²
Верхний пояс фермы	0,45	129	2L160×12	2017	0,35	0,156	1,19	0,186	0,739	2350	0,895	0,873	2220

Суммарные нормативные усилия с учетом статических и динамических нагрузок в точке *B2*·

$$N^{н}_{ст} = \frac{139}{1{,}15} = 121\ \text{тс};$$

$$M_{ст}^{н} = \frac{0,49}{1,15} = 0,425 \text{ тсм},$$

где 1,15 — усредненный коэффициент перегрузки;

$$\Sigma N^{н} = 121\ (1 + 0,0635) = 129 \text{ тс};$$

$$\Sigma M^{н} = 0,425\ (1 + 0,0635) = 0,45 \text{ тсм}.$$

Вычисление пониженного расчетного сопротивления материала

$$\gamma = \frac{c}{b - a\rho} = \frac{0,85}{5,4 - 6 \cdot 0,88} = 6;$$

принимаем $\gamma = 1$; $\gamma R_a = 2900$ кгс/см²;

из статического расчета при отсутствии всех кратковременных нагрузок, кроме нагрузки от транспортера, усилие в верхнем поясе:

$$N = 36,8 \frac{2,2}{4,9} + 94,8 \frac{9,5}{13} = 16,5 + 69,5 = 86 \text{ тс};$$

$$M = 0,49 \frac{2,2}{4,9} = 0,22 \text{ тсм};$$

$$N^{н} = \frac{86}{1,15} = 75 \text{ тс};$$

$$M^{н} = \frac{0,22}{1,15} = 0,19 \text{ тсм},$$

где 1,15 — усредненный коэффициент перегрузки;

$$\sigma_{max} = \left(\frac{86000}{74,8} + \frac{19000}{157}\right)(1 + 0,0635) = 1350 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{min} = \left(\frac{86000}{74,8} + \frac{19000}{157}\right)(1 - 0,0635) = 1190 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{1190}{1350} = 0,88.$$

Сечение, принятое в статическом расчете, удовлетворяет условиям прочности с учетом усталости материалов.

Проверка нижнего пояса фермы по прочности.

Суммарное усилие в точке *Н3:*

$$\Sigma N = 154\ (1 + 0,069) = 164 \text{ тс};$$

$$\sigma = \frac{164000}{62,8} = 2600 \text{ кгс/см}^2 < R_a.$$

Сечение, принятое в ститическом расчете, удовлетворяет условиям прочности.

Проверка нижнего пояса фермы по прочности с учетом усталости материалов.

Суммарное усилие с учетом статических и динамических нагрузок в точке *Н3*:

$$N_{ст}^{н} = \frac{154}{1,15} = 134 \text{ тс};$$

$$\Sigma N^{н} = 134\ (1 + 0,0635) = 142,5 \text{ т};$$

$$\sigma = \frac{142500}{62,8} = 2280 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\gamma = \frac{c}{a - b\rho} = \frac{0,85}{6 - 5,4 \cdot 0,88} = 0,68;$$

$$N = 34,2\ \frac{2,2}{4,9} + 95,2\ \frac{9,5}{13} + 13,8 = 98,8 \text{ тс};$$

$$N^{н} = \frac{98,8}{1,15} = 86 \text{ тс};$$

$$\sigma_{max} = \frac{86000}{62,8}\ (1 + 0,0635) = 1460 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{min} = \frac{86000}{62,8}\ (1 - 0,0635) = 1280 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{1280}{1460} = 0,88;$$

$$\gamma R_a = 0,68 \cdot 2900 = 1970 \text{ кгс/см}^2.$$

Принятое по статическому расчету сечение из 2∟160×10, недостаточно. Принимаем сечение

$$2L160 \times 12; \quad F = 74,8 \text{ см}^2;$$

$$\sigma = \frac{142500}{74,8} = 1900 \text{ кгс/см}^2 < \gamma R_a;$$

Проверка балки перекрытия по прочности.

$$M_{д}^{п} = \frac{10 E J_2 \delta_1 \eta_2}{l_2^2} K_{д.э} = \frac{10 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 25582 \cdot 1,46 \cdot 0,63}{660^2} 0,069 =$$

$$= 78272 \text{ кгсм};$$

$$Q_{д}^{п} = \frac{30 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 25582 \cdot 1,46 \cdot 0,63}{660^3} 0,069 = 360 \text{ кг};$$

$$\Sigma M_x = 19,9 + 0,78 = 20,68 \text{ тм};$$

$$\Sigma M_y = 0,183 + 1,08 = 1,263 \text{ тм};$$

$$\sigma = \frac{2068000}{1560} + \frac{126300}{136} = 2260 \text{ кгс/см}^2.$$

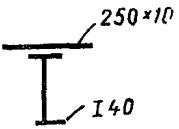
Таблица 26

Проверка балки перекрытия по прочности

J_x, см⁴	δ, см	Моменты, тсм			W, см³		σ, кгс/см²
		$M_д^п$	ΣM_x	M_y	$\frac{W_x^{вп}}{W_x^{нп}}$	$W_y^{вп}$	
31531	1,19	0,79	20,7	1,26	$\frac{2000}{1250}$	147	$\frac{1895}{1650}$

Сечение недостаточно.

Принимаем сечение



Сечение удовлетворяет условиям прочности.

Проверка балки перекрытия по прочности с учетом усталости материала.

Динамические усилия:

$$M_д^п = \frac{10 E J_2 \delta_1 \eta_2}{l_2^2} K_{д.с} = \frac{10 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 31531 \cdot 1{,}19 \cdot 0{,}63}{660^2} 0{,}0635 =$$

$$= 73000 \text{ кгс/см} = 0{,}73 \text{ тсм};$$

$$\Sigma M_x = 19{,}9 + 0{,}73 = 20{,}63 \text{ тсм};$$

$$M_y = 1{,}26 \text{ тсм};$$

$$\sigma_в = \frac{2063000}{2000} + \frac{126000}{147} = 1890 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_н = \frac{206300}{1250} = 1650 \text{ кгс/см}^2.$$

Вычисление пониженного расчетного сопротивления:

$$M_x^н = 19{,}9 \frac{1}{1{,}15} - 0{,}3 \cdot 3 \frac{6{,}6^2}{8} = 12{,}4 \text{ тсм};$$

$$M_y^н = 1{,}26 \frac{1}{1{,}15} = 1{,}1 \text{ тсм};$$

по верхней грани

$$\sigma_{max}^в = \frac{(12{,}4 + 0{,}73)\ 10^5}{2000} + \frac{1{,}1 \cdot 10^5}{147} = 1400 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\sigma_{min}^в = \frac{(12{,}4 - 0{,}73)\ 10^5}{2000} + \frac{1{,}1 \cdot 10^5}{147} = 1326 \text{ кгс/см}^2;$$

класс стали с 38/23, группа соединений 2;

$$\rho = \frac{1326}{1400} = 0{,}95; \quad \gamma = \frac{0{,}9}{0{,}7 - 0{,}95 \cdot 1{,}3} > 1;$$

принимаем: $\gamma=1$; $\sigma_в<\gamma R_а$;

по нижней грани

$$\sigma^н_{max}=\frac{(12{,}4+0{,}73)\ 10^5}{1250}=1050\ кгс/см^2;$$

$$\sigma^н_{min}=\frac{(12{,}4-0{,}73)\ 10^5}{1250}=930\ кгс/см^2;$$

$$\rho=\frac{930}{1050}=0{,}88;\quad \gamma=\frac{0{,}9}{1{,}3-0{,}7\cdot 0{,}88}=1{,}3>1.$$

Прочность сечения с учетом усталости металла обеспечена.

Аналогично проверяются все элементы пролетного строения, напряжения в которых от статических нагрузок близки к расчетным сопротивлениям.

VI. Расчет опор (табл. 27—29)

Рассчитываются две опоры:

а) опора под две фермы пролетами 24 и 30 м, $H=15{,}5$ м, марка К1;

б) опора под консольную ферму 30+6 м; $H=25$ м, марка К2.

Третья опора — неподвижная, железобетонная.

В расчете приведен только сбор нагрузок на нее.

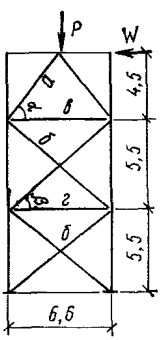


Рис. 70. Геометрическая схема опоры K_1

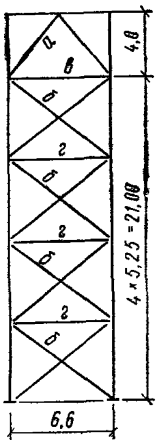


Рис. 71. Геометрическая схема опоры K_2

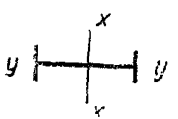
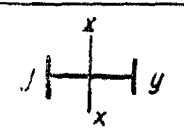
Таблица 27

Сбор нагрузок и определение усилий в опорах

Марка опоры	Высота, м	Вертикальная реакция ферм			Поперечный ветер		Момент от разности реакций ферм				Момент от эксцентричного крепления балок перекрытия M_y	Суммарные усилия								
							при полном загружении ферм		при загружении одной из ферм только постоянной нагрузкой			вертикальные					горизонтальные			
												I комбинация		II комбинация			от ветра			
		$R_{лев}$, тс	$R_{пр}$, тс	$R_{балок}$, тс	W, тс	N, тс	N, тс	M, тсм	N, тс	M, тс		N, тс	M_x, тсм	N, тс	M_x, тсм	M_y, тсм	поперечного H_1, тс	продольного H_2, тс	продольная нагрузка от транспортера H, тс	от температурного воздействия H, тс
К1	15,5	64,1	85,3	13	14,4	±33,8	163,4	5,8	125,9	15	1	197,2	5,8	159,7	15	1	14,4	—	—	—
К2	25	—	134	13	11,1	±42,4	—	—	—	—	1	189,5	—	—	—	1	11,1	—	—	—
Мертвая	—	—	67,4	13	6,4	—	—	—	—	—	—	80,4	—	—	—	—	6,4	3,2	21,9	2,6

Таблица 28

Подбор сечений опор

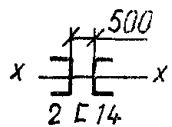
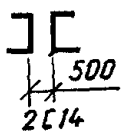
Марка опоры	Комбинация нагрузок	Усилия N, тсм	Усилия M_x, тсм	Усилия M_y, тсм	Сечение	$F_р$, см²	l, см x	l, см y	W, см³ x	W, см³ y	r, см x	r, см y	λ x	λ y	$\bar{\lambda}$ x	$\bar{\lambda}$ y	φ x	φ y	Проверка устойчивости: в плоскости опоры l, см	m	η	m_1	$\varphi_{вп}$	σ, кгс/см²	из плоскости C	из плоскости σ, кгс/см²
К1	I	197,2	5,8	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	0,15	1,47	0,22	0,736	1620	0,905	1620
	II	159,7	15	—		165,2	1550	550	3230	690	22,8	8,7	68	63	2,15	1,9	0,78	0,82	9,4	0,48	1,47	0,71	0,591	1630	0,745	1580
	III	197,2	—	1	2—360×16—500×8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,51	0,12	0,876	0,1	0,825	1450	0,92	1670
К2	I	189,5	—	—		195,2	2500	530	—	690	35	8	72	66	—	2,08	0,759	0,79	—	—	—	—	—	1730	—	—
	II	189,5	—	1	2—360×16—800×10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,525	0,11	0,883	0,1	0,802	1630	0,93	1850

Примечания: 1. Для К1 проверка устойчивости стенки $\frac{h}{8} = 40\sqrt{\frac{2,1}{2,1}} + 0,4 \times 60 > \frac{500}{8}$.

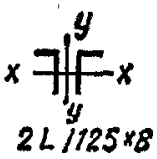
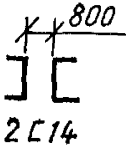
2. Для К2 для обеспечения устойчивости стенки в расчет введено по 15б стенки со стороны каждой полки $F = 195,2$ см².

Таблица 29

Определение усилий и подбор сечений связей

Марка опоры	Марка элемента связи	sin α, β	cos α, β	От вертикальной нагрузки		От ветра		Сечение	F, см²	От обжатия ветвей опоры			Σ S, тс	l, см		r, см		λ		φ	σ, кгс/см²
				P, тс	S, тс	W, тс	S, тс			N, тс	F_n, см²	S, т		x	y	x	y	x	y		
	а	0,562	0,827	8,15	14,5	14,4	8,7		31,2	—	—	—	23,2	560	560	5,6	—	100	—	0,582	1300
К1	б	0,641	0,767	—	—	14,4	9,4		31,2	163,4	165,2	12,1	21,5	430	600	5,6	—	77	—	0,732	940
	в	—	0,827					»	31,2	—	—	—	19,2	660	660	5,6	—	118	—	0,526	1200
	г	По гибкости						»	31,2	—	—	—	—	660	660	5,6	—	118	—	—	—

Продолжение табл. 29

Марка опоры	Марка элемента связи	$\sin\alpha$, β	$\cos\alpha$, β	От вертикальной нагрузки		От ветра		Сечение	F, см²	От обжатия ветвей опоры			ΣS, тс	l, см		r, см		λ		φ	σ, кгс/см²
				P, тс	S, тс	W, тс	S, тс			N, тс	F_n, см²	S, т		x	y	x	y	x	y		
	а	0,635	0,77	16,3	12,8	11,1	7,2	 2 L 125×8	39,4	—	—	—	20	520	520	3,87	—	135	—	0,373	1400
К2	Остальные элементы аналогичны тем же элементам опоры К1							 2 C 14													

Примечание. Ветви сечений пространственных связей соединены планками из [12,

gost.e-ecolog.ru