

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. П. Хруцкая, А. А. Константинов, В. В. Копытовский

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений, обеспечивающих получение высшего образования
I ступени по специальности 1-56 01 02 Земельный кадастр*

Горки
БГСХА
2023

УДК 691(075.8)
ББК 38.3я73
Х95

*Рекомендовано методической комиссией
землеустроительного факультета 27.09.2022 (протокол № 1)
и Научно-методическим советом БГСХА
28.09.2022 (протокол № 1)*

Авторы:

старший преподаватель *Н. П. Хруцкая*;
старший преподаватель *А. А. Константинов*;
кандидат сельскохозяйственных наук *В. В. Копытовский*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *А. А. Бакатович*;
директор проектного бюро «Дельта» ЧУПП «Прометей» *Т. М. Гайкевич*

Хруцкая, Н. П.

Х95 Строительные материалы и конструкции зданий и сооружений : учебно-методическое пособие / Н. П. Хруцкая, А. А. Константинов, В. В. Копытовский. – Горки : БГСХА, 2023. – 350 с.
ISBN 978-985-882-389-4.

Приведены общие сведения о строительных материалах и конструкциях зданий и сооружений. Изложены методологические принципы их оценки, статистические и статические методы, применяемые при испытании, а также указаны нормативные требования, предъявляемые к качеству материалов в соответствии с действующими стандартами. Рассмотрены современные методики лабораторных испытаний.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальности 1-56 01 02 Земельный кадастр.

**УДК 691(075.8)
ББК 38.3я73**

ISBN 978-985-882-389-4

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Цель настоящего учебно-методического пособия – формирование у будущего специалиста системы знаний, навыков и профессиональных компетенций в области современных строительных материалов и методов их качественной оценки, а также по архитектурно-строительным и конструктивным решениям гражданских и промышленных зданий и сооружений; развитие и закрепление академических и социально-личностных компетенций.

В первом разделе пособия приведены общие сведения о строительных материалах, применяемых в строительстве зданий, сооружений и строительстве автомобильных дорог. Изложены методологические принципы их оценки, статистические и статические методы, применяемые при испытании, а также указаны нормативные требования, предъявляемые к качеству материалов в соответствии с действующими стандартами. Рассматриваются современные методики лабораторных испытаний. Они изложены в виде указаний и сопровождаются описанием приборов.

Во втором разделе приведены сведения об основных конструктивных элементах гражданских и промышленных зданий и сооружений, приведена их классификация, а также основные требования к ним.

Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Глава 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Керамический кирпич изготавливают из глины с добавками или без них в виде сплошного или пустотелого параллелепипеда размером для одинарного кирпича $250 \times 120 \times 65$ мм (рис. 1.1) и для модульного $250 \times 120 \times 88$ мм методом пластичного формования или полусухим прессованием.

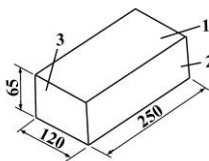


Рис. 1.1. Керамический кирпич:
1 – плашок; 2 – ложок; 3 – тычок

1.1. Оценка качества по форме, размерам, внешнему виду, определение степени обжига (СТБ 1160)

Оборудование и материалы: мерная металлическая линейка; угольник; эталон кирпича нормального обжига; образцы кирпича.

Проведение испытаний. Для оценки соответствия кирпича требованиям СТБ 1160 его осматривают, оценивают форму, непрямолинейность ребер и граней, отбитость углов, отбитость и притупленность ребер, степень обжига, определяют линейкой размеры по длине, ширине, толщине, длину сквозных трещин.

Кирпич должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями на лицевых поверхностях. Допускается изготовление кирпича с закругленными углами радиусом до 15 мм. Поверхность граней может быть рифленой.

Линейные размеры кирпича, размеры трещин замеряют линейкой с точностью до 1 мм. Каждую грань измеряют в трех местах (по краям и середине) и за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из трех измерений.

Допускаемые отклонения от стандартных размеров отдельного образца кирпича, изготовленного из глинистых пород, не должны превышать: по длине ± 5 мм, по ширине ± 4 мм, по толщине ± 3 мм. Непрямолинейность ребер и граней кирпича не должна превышать по постели (плашку) 3 мм, по ложку – 4 мм. Допускаемые отклонения отдельного образца кирпича из кремнеземистых пород не должны превышать по длине ± 7 мм, по ширине ± 5 мм, по толщине ± 3 мм. Непрямолинейность ребер и граней определяют металлической линейкой и угольником, как это показано на рис. 1.2.

Величину отбитости и притупленности определяют измерением просвета между поверхностью образца и гранью приложенного к образцу металлического угольника (рис. 1.2).

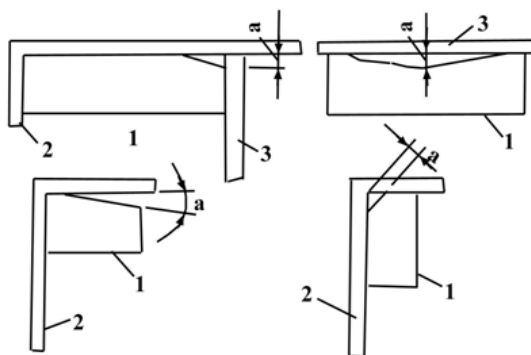


Рис. 1.2. Схема измерения искривленной поверхности и отбитости углов кирпича

Допускается не более двух отбитостей углов глубиной от 10 до 15 мм и двух отбитостей (притупленностей) ребер глубиной более 5 мм или длиной по ребру от 10 до 15 мм. Общее количество кирпича с отбитостями, превышающими допустимые значения, не должно быть более 5 %.

Количество трещин в кирпиче ограничивается, так как они понижают физико-механические свойства изделия. Допускается на ложковой и тычковой гранях не более чем по одной сквозной трещине протяженностью до 30 мм по плашку полнотелого кирпича или не более чем до первого ряда пустот для пустотелого кирпича. Полнотелый кирпич, имеющий сквозную трещину более 30 мм, или пустотелый

кирпич со сквозными трещинами более чем до первого ряда пустот в половину плашковой или тычковой грани, а также изделия, состоящие из парных половинок, относятся к половняку. Содержание его в партии допускается не более 5 %.

Недожог или пережог кирпича является браком и запрещается к поставке потребителю. Степень обжига определяют сравнением отобранных образцов с эталоном кирпича нормального обжига, полученного с завода-изготовителя и хранящегося в лаборатории. Недожженные изделия имеют низкую прочность и морозостойкость, пережженные – повышенную прочность и сравнительно высокую теплопроводность. Результаты испытаний записывают в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1. Оценка качества кирпича

| Показатели | Отклонения от размеров и показателей внешнего вида по СТБ 1160-99 | Данные обмера и внешнего осмотра отобранной пробы кирпича | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Отклонения от размеров, мм: | | | | | | |
| по длине | ±5 | | | | | |
| ширине | ±4 | | | | | |
| толщине кирпича | ±3 | | | | | |
| 2. Непрямолинейность ребер и граней кирпича, мм, не более: | | | | | | |
| по плашку | 3 | | | | | |
| ложку | 4 | | | | | |
| 3. Отбитость углов глубиной от 10 до 15 мм, шт. | 2 | | | | | |
| 4. Отбитость и притупленность ребер, не доходящие до пустот, глубиной более 5 мм, длиной по ребру от 10 до 15 мм, шт. | 2 | | | | | |
| 5. Трещины протяженностью по плашку полнотелого кирпича до 30 мм, пустотелых изделий не более чем до первого ряда пустот – на всю толщину, шт.: | 1 | | | | | |
| на плашковых гранях | 1 | | | | | |
| тычковых гранях | 1 | | | | | |

1.2. Определение средней плотности (ГОСТ 7025)

По средней плотности (г/см^3) кирпичи подразделяются на эффективные (со средней плотностью до $1,4 \text{ г/см}^3$), условно эффективные (со средней плотностью от $1,4 \text{ г/см}^3$). Обыкновенный кирпич имеет среднюю плотность выше $1,6 \text{ г/см}^3$. Чем меньше средняя плотность материала, тем меньше его коэффициент теплопроводности, что позволяет уменьшить толщину стены.

Оборудование и материалы: используемые образцы кирпича; измерительная линейка; технические весы; сушильный шкаф.

Проведение испытаний. Среднюю плотность кирпича с учетом пор и пустот определяют на трех кирпичах, предварительно высушенных до постоянной массы при температуре $105...110 \text{ }^\circ\text{C}$. Образцы должны соответствовать требованиям стандарта по форме, внешнему виду и размерам.

Кирпич взвешивают, измеряют длину, ширину и толщину с точностью до 1 мм . Каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое значение из трех измерений каждой стороны, по краям и середине. Умножая длину на ширину и толщину, вычисляют объем кирпича.

Обработка результатов. Среднюю плотность отдельного образца вычисляют по формуле

$$\rho_c = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

где ρ_c – средняя плотность, г/см^3 ;

m – масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

V – объем образца, см^3 .

Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания трех образцов с погрешностью до $0,01 \text{ г/см}^3$. Полученные данные записывают в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2. **Определение средней прочности**

| Показатели | Номер образца | | |
|---|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Масса сухого образца, г | | | |
| Размеры: | | | |
| длина l , см | | | |
| ширина b , см | | | |
| толщина h , см | | | |
| объем V , см^3 | | | |
| Средняя плотность отдельного образца ρ_c , г/см^3 | | | |
| Средняя плотность материала ρ_c , г/см^3 | | | |

1.3. Определение марки по прочности (ГОСТ 8462)

Марку керамического кирпича устанавливают путем определения пределов прочности при сжатии и изгибе испытанием образцов.

Оборудование и материалы: образцы кирпича; портландцемент с минеральными добавками или шлакопортландцемент марки 400; гипсовое вяжущее марки Г-16; песок кварцевый с зернами не более 1,25 мм; вода; чашка для приготовления растворной смеси; лопатки для перемешивания; пресс гидравлический; линейка металлическая измерительная; сито с сеткой № 1,25; пластины металлические или стеклянные размером 270×150×5 мм; войлок технический толщиной 5...10 мм; пластина резинотканевая толщиной 5...10 мм или картон; ножовка по металлу или дисковая пила; приспособление для раскалывания кирпича на прессе; приспособление для испытания образцов на изгиб.

Определение предела прочности кирпича при сжатии. Подготовка к испытаниям. Для определения предела прочности кирпича при сжатии изготавливают пять образцов из двух целых кирпичей или двух половинок. Кирпич распиливают или раскалывают согласно схеме, приведенной на рис. 1.3. Допускается изготавливать образцы из половинок после испытания кирпича на изгиб. Поверхности раздела должны быть направлены в противоположные стороны.

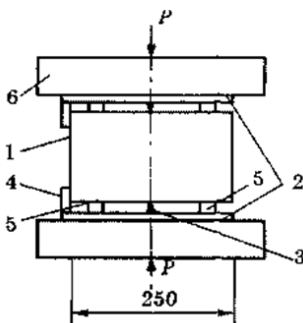


Рис. 1.3. Схема раскалывания кирпича на прессе:
1 – образец; 2 – основание; 3 – металлический нож;
4 – упор; 5 – резиновые прокладки; 6 – плита пресса

Образцы из кирпича пластического прессования изготавливают, соединяя их части и выравнивая поверхности цементным раствором.

Для раствора применяют портландцемент или шлакопортландцемент марки 400 и песок, просеянный через сито № 1,25. Состав раствора с отношением: цемент/песок = 1:1, вода/цемент = 0,4...0,42.

Кирпич предварительно погружают в воду на 1 мин. Затем на ровную горизонтальную поверхность укладывают стеклянную или металлическую пластинку, на нее кладут лист бумаги, и по бумаге расстилают слой раствора толщиной 5 мм. Потом на раствор кладут кирпич, слегка прижимая его рукой, после чего на верхней поверхности кирпича распределяют слой раствора толщиной 5 мм и прижимают к нему второй кирпич. Излишки раствора срезают. Образец выдерживают 30 мин, затем переворачивают и выравнивают другую опорную поверхность образца.

После изготовления образцы выдерживают не менее трех суток при температуре воздуха (20 ± 5) °С и относительной его влажности 60...80 %.

Допускается выравнивать горизонтальные поверхности кирпича шлифованием, гипсовым раствором или применять прокладки из технического войлока, резиноканевых пластин, картона.

Толщина слоя гипсового раствора с водогипсовым отношением 0,32...0,35 должна быть не более 5 мм, и испытания должны проводиться не ранее чем через 2 ч. Поверхности образцов из кирпича полусухого прессования не выравниваются.

Проведение испытаний. Схема испытания образцов на сжатие приведена на рис. 1.4. Перед испытанием вычисляют площадь поперечного сечения образца как среднее арифметическое площадей верхней и нижней граней. Линейный размер каждой грани определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений поверхностей образца. Замеры выполняют с точностью до 1 мм.

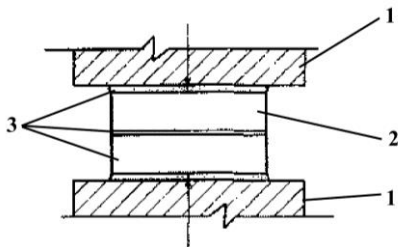


Рис. 1.4. Схема испытания кирпича на сжатие:
1 – плиты пресса; 2 – половинки кирпича; 3 – цементное тесто

Разрушающую нагрузку определяют на гидравлическом прессе при нарастании скорости хода поршня, обеспечивающей разрушение образца через 20...60 с после начала испытания.

Обработка результатов. Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (1.2)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, МПа;

P – разрушающая нагрузка, Н;

F – площадь образца, м².

Средний предел прочности вычисляют с точностью до 0,1 МПа как среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти образцов.

При вычислении предела прочности образцов утолщенного кирпича (толщиной 88 мм) результаты испытаний умножают на коэффициент 1,2.

При вычислении предела прочности кирпича пластического прессования, выровненного шлифованием, гипсовым раствором или прокладками, применяют поправочный коэффициент перехода. Он вычисляется по формуле

$$K = \frac{R_{сж1}}{R_{сж2}}, \quad (1.3)$$

где K – поправочный коэффициент;

$R_{сж1}$ – предел прочности при сжатии образцов, отобранных от десяти партий кирпича, изготовленных по основной методике, как среднее арифметическое значение результатов испытаний 50 образцов, МПа;

$R_{сж2}$ – предел прочности при сжатии образцов, отобранных от десяти партий кирпича, изготовленных по ускоренной методике, как среднее арифметическое значение результатов испытаний 50 образцов, МПа.

Результаты испытаний записывают в табл. 1.3.

Т а б л и ц а 1.3. **Определение предела прочности кирпича при сжатии**

| Номер образца | Площадь образца F , м ² | Разрушающая нагрузка P , Н | Предел прочности при сжатии отдельного образца $R_{сж}$, МПа | Среднее значение предела прочности $R_{сж}$, МПа | Наименьшее значение предела прочности $R_{сж}$, МПа |
|---------------|--------------------------------------|------------------------------|---|---|--|
| | | | | | |

Определение предела прочности кирпича при изгибе. Проведение испытаний. Испытание кирпича на изгиб выполняют на целых кирпичах, как балок, свободно лежащих на двух опорах и нагруженных посередине пролета (рис. 1.5).

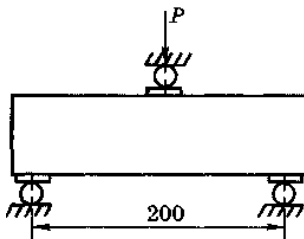


Рис. 1.5. Схема испытания кирпича на изгиб

Опоры должны быть расположены на расстоянии 200 мм друг от друга. Передача нагрузки от пресса на середину кирпича выполняется через опору. Длина каждой опоры должна быть не менее ширины кирпича и иметь закругления радиусом 10...15 мм.

В местах опирания и приложения нагрузки поверхность кирпича пластического прессования выравнивают цементным или гипсовым раствором, шлифованием или укладывают прокладки. Образцы из пустотелого кирпича с несквозными пустотами кладут пустотами вниз. Перед испытанием измеряют размеры поперечного сечения кирпича с точностью до 1 мм.

Обработка результатов. Предел прочности при изгибе отдельного образца определяют по формуле

$$R_{и} = \frac{3PL}{2bh^2}, \quad (1.4)$$

где $R_{и}$ – предел прочности при изгибе, МПа;

P – разрушающая сила, Н;

L – длина пролета между опорами, м;

b – ширина кирпича, м;

h – высота (толщина) кирпича по середине пролета, м.

За окончательное значение предела прочности при изгибе принимают среднее арифметическое значение из результатов испытаний пяти образцов, вычисленное с точностью 0,05 МПа. Если один из образцов имеет прочность, отличающуюся более чем на 50 % в большую

или меньшую сторону от среднего значения, то этот образец не учитывается, и принимается среднее арифметическое значение прочности четырех образцов. Результаты испытаний записывают в табл. 1.4.

Таблица 1.4. **Определение пределов прочности кирпича при изгибе**

| Номер образца | Размеры, м | | | Разрушающая нагрузка P , Н | Среднее значение предела прочности $R_{из}$, МПа | Среднее значение предела прочности $R_{из}$, МПа | Среднее значение предела прочности $R_{из}$, МПа |
|---------------|------------|-----|-----|------------------------------|---|---|---|
| | L | b | h | | | | |
| | | | | | | | |

Результаты испытаний при сжатии и изгибе сравнивают с данными СТБ 1160-99, приведенными в табл. 1.5, и делают выводы о марке кирпича.

Таблица 1.5. **Прочность кирпича**

| Марка кирпича | Предел прочности, МПа | | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | для всех видов кирпича | | при изгибе | | | | | |
| | | | для полнотелого | | для пустотелого | | для утолщенного кирпича | |
| | средний | наименьший для отдельного образца | средний | наименьший для отдельного образца | средний | наименьший для отдельного образца | средний | наименьший для отдельного образца |
| 300 | 30,0 | 25,0 | 4,4 | 2,2 | 3,4 | 1,7 | 2,9 | 1,5 |
| 250 | 25,0 | 20,0 | 3,9 | 2,0 | 2,9 | 1,5 | 2,5 | 1,3 |
| 200 | 20,0 | 17,5 | 3,4 | 1,7 | 2,5 | 1,3 | 2,3 | 1,1 |
| 175 | 17,5 | 15,0 | 3,1 | 1,5 | 2,3 | 1,1 | 2,1 | 1,0 |
| 150 | 15,0 | 12,5 | 2,8 | 1,4 | 2,1 | 1,0 | 1,8 | 0,9 |
| 125 | 12,5 | 10,0 | 2,5 | 1,2 | 1,9 | 0,9 | 1,6 | 0,8 |
| 100 | 10,0 | 7,5 | 2,0 | 1,1 | 1,6 | 0,8 | 1,4 | 0,7 |
| 75 | 7,5 | 5,0 | 1,8 | 0,9 | 1,4 | 0,7 | 1,2 | 0,6 |
| Для кирпича с горизонтальным расположением пустот | | | | | | | | |
| 100 | 10 | 7,5 | – | – | – | – | – | – |
| 75 | 7,5 | 5,0 | – | – | – | – | – | – |
| 50 | 5,0 | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| 35 | 3,5 | 2,5 | – | – | – | – | – | – |
| 25 | 2,5 | 1,5 | – | – | – | – | – | – |

1.4. Определение известковых включений

Оборудование и материалы: образцы кирпича; пропарочный бак с решеткой; газовая или электроплитка; металлическая линейка; часы; вода.

Проведение испытаний. Известковые включения в кирпиче или камнях могут привести к их разрушению в процессе эксплуатации. Наличие известковых включений определяют пропариванием.

Образцы изделий укладывают на решетку пропарочного бачка, заполняют его водой до уровня ниже решетки, закрывают крышкой и подогревают до кипения на газовой плите или электроплитке. Кипячение продолжают 1 ч и затем охлаждают 4 ч в пропарочном бачке при закрытой крышке. Далее образцы осматривают и определяют повреждения. Кирпич не должен разрушаться, не допускается на поверхности более трех отколов от 5 до 10 мм по наибольшему измерению.

1.5. Определение водопоглощения (ГОСТ 7025)

Водопоглощение полнотелого кирпича должно быть не менее 8 %, пустотелого кирпича – не менее 6 %.

Оборудование и материалы: образцы кирпича; сушильный шкаф; технические весы; сосуд с решеткой; электроплитка; вода; ветошь.

Проведение испытаний. Испытания выполняют в помещении с температурой воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ на трех целых образцах или половинках насыщением их в воде с температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, в кипящей воде при атмосферном давлении и под вакуумом в воде температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Испытание в кипящей воде не заменяет способ насыщения в воде при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Рассмотрим первые два способа.

Образцы высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С. Высушивание считается законченным, если между двумя последовательными взвешиваниями разность не будет превышать 1 г при массе образцов свыше 20 до 1000 г и 5 г при массе свыше 1000 до 10000 г. Перерыв между взвешиванием не должен превышать 4 ч для образца и 2 ч для пробы.

После взвешивания высушенных образцов их помещают на решетку в сосуд с водой в один ряд с зазором не менее 2 см. Температура воды должна быть $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, уровень воды – выше верха образцов на 2...10 см.

Образцы выдерживают в воде (48 ± 1) ч, после чего вынимают, обтирают влажной ветошью и взвешивают не позднее 2 мин. Вытекшую воду включают в массу насыщенного водой образца.

При определении водопоглощения по ускоренной методике кирпичи кипятят в воде ($5 + 0,1$) ч. Воду до кипения доводят в течение 1 ч. Затем образцы оставляют на 16...19 ч в помещении, после чего взвешивают.

Обработка результатов. Водопоглощение (кг/м^3) кирпичей характеризуется отношением массы поглощенной воды к массе сухого материала и для отдельного образца вычисляется по формуле

$$W_{\text{мас}} = \frac{m_1 - m}{m \cdot 100}, \quad (1.5)$$

где $W_{\text{мас}}$ – водопоглощение, %;

m_1 – масса образца, насыщенного водой, г;

m – масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

Водопоглощение пробы вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов с точностью до 1 %. Полученные данные записывают в табл. 1.6.

Т а б л и ц а 1.6. **Определение водопоглощения кирпича**

| Показатель | Номер образца | | |
|---|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Масса образца, высушенного до постоянной массы, m , г | | | |
| Масса образца, насыщенного водой, m_1 , г | | | |
| Водопоглощение отдельного образца по массе $W_{\text{мас}}$, % | | | |
| Среднее значение водопоглощения $W_{\text{мас}}$, % | | | |

1.6. Определение морозостойкости (ГОСТ 7025)

Оборудование и материалы: испытываемые образцы; камера морозильная с принудительным перемешиванием воздуха и автоматически регулируемой температурой от -15 до -20 °С; контейнеры; ванна с решеткой для насыщения образцов водой и их оттаивания; термостат для поддержания температуры воды (20 ± 5) °С; ванна с гидравлическим затвором; сушильный шкаф; термометр; краска; кисть.

Проведение испытаний. Морозостойкость кирпича и камней определяют методами объемного или одностороннего замораживания. Рассмотрим методику испытания объемным замораживанием.

Контроль повреждений выполняется по степени повреждения испытанием не менее пяти кирпичей. Образцы вначале высушивают до постоянной массы, а затем насыщают водой в течение 48 ч, как это указано в подп. 1.5. Можно использовать образцы после определения водопоглощения.

Замораживают образцы в морозильной камере, оборудованной вентилятором для перемешивания воздуха и термостатом, при температуре $-15 \dots -20$ °С. До начала загрузки температура в камере не должна превышать -5 °С. Продолжительность одного замораживания должна составлять не менее 4 ч от начала установления в ней температуры -15 °С. Перерывы не допускаются.

После выдерживания образцов в морозильной камере их погружают в контейнерах в ванну с водой и выдерживают там не менее половины времени замораживания при температуре $+15 \dots +20$ °С, которая поддерживается термостатом. Продолжительность оттаивания составляет не менее половины времени замораживания. Один цикл не должен превышать 24 ч. При временном прекращении испытания после оттаивания образцы хранят в камере с гидравлическим затвором, а при продолжении испытания насыщают водой.

При оценке морозостойкости образцы перед замораживанием осматривают и фиксируют несмываемой краской все дефекты: трещины, отколы ребер и углов и пр. После испытания осматривают, определяют степень повреждений и делают заключение о качестве кирпича. Кирпич считают выдержавшими испытания, если после установленного количества циклов попеременного замораживания и оттаивания, соответствующих марке по морозостойкости, не будет наблюдаться расслоение, шелушение, растрескивание, выкрашивание.

1.7. Определение качества дренажных керамических труб (ГОСТ 8411)

Керамические дренажные трубы (рис. 1.6) изготавливают из пластичных тугоплавких глин с добавками или без них.

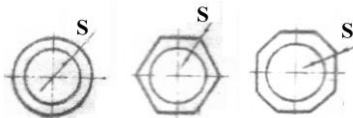


Рис. 1.6. Типы дренажных труб:
круглые, шестигранные, восьмигранные

Трубы формуют на горизонтальных вакуум-прессах трех типов (с цилиндрической, шестигранной и восьмигранной наружной поверхностью) с внутренним диаметром 50...250 мм при толщине стенок соответственно 11...25 мм и длине 333 мм.

1.7.1. Оценка качества по внешнему виду, форме и размерам

Оборудование и материалы: образцы труб; мерный инструмент (металлическая линейка, штангенциркуль, угольник); ванна с водой для кипячения труб.

Проведение испытаний. Трубы осматривают, проверяют правильность формы, наличие выпловок, пузырей, вмятин, отбитостей, инородных включений, трещин. Предельные отклонения от размеров должны соответствовать указанным в табл. 1.7.

Т а б л и ц а 1.7. Основные размеры труб и допустимые отклонения

| Внутренний диаметр трубы, мм | | Толщина стенки трубы, мм | | Длина трубы, мм | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| Номинальный | Предельные отклонения | Номинальная | Предельные отклонения | Номинальная | Предельные отклонения |
| 50 | ±2 | 11 | ±2 | | |
| 75 | | 13 | | | |
| 100 | | 15 | | | ±10 |
| 125 | ±3 | 18 | ±3 | 333 | |
| 150 | | 20 | | | -5 |
| 175 | | 22 | | | |
| 200 | ±5 | 24 | ±5 | | |
| 250 | | 25 | | | |

Примечание. Трубы диаметром от 100 до 250 мм по согласованию потребителя с предприятием-изготовителем допускается изготавливать длиной 500 мм.

Правильность размеров проверяют металлической линейкой, угольником или штангенциркулем с точностью до 1 мм. Внутренний диаметр определяют как среднее арифметическое значение четырех результатов, полученных при измерении штангенциркулем наибольшего и наименьшего внутреннего диаметра на обоих концах трубы. Толщину стенки измеряют штангенциркулем на обоих концах трубы, а

толщину стенки многогранных труб измеряют по ребру. Длину трубы определяют как среднее арифметическое самой длинной и самой короткой образующей грани трубы.

Трубы в поперечном сечении должны иметь форму правильной окружности по их внутренней поверхности и правильной окружности или правильного многоугольника по их наружной поверхности. Отклонения от размеров каждого из взаимно перпендикулярных диаметров на концах трубы (овальность) не должны превышать: 2 мм при диаметре 50 мм; 3 мм – 75 мм; 4 мм – 100, 125, 150 мм; 5 мм – 175, 200 мм; 6 мм – 250 мм. Овальность трубы определяется как разность между наибольшим и наименьшим внутренним диаметром каждого конца трубы.

Трубы должны иметь по всей длине цилиндрическую форму или форму правильной многогранной призмы. Искривление трубы по образующей цилиндра или граням призмы не должно быть более 4 мм для труб всех диаметров. Искривление трубы определяется измерением наибольшего зазора между поверхностью трубы и приложенной к ней металлической линейкой (рис. 1.7).

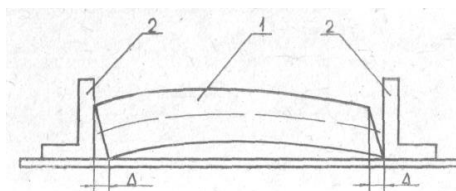


Рис. 1.7. Измерение искривления поверхности трубы:
1 – труба; 2 – угольники

Торцевые плоскости труб должны быть перпендикулярны к плоскости, проходящей вдоль трубы. Отклонения от перпендикулярности плоскости торцов труб (перекос) не должны превышать: 3 мм при диаметре 50 мм; 4 мм – 75, 100 мм; 5 мм – 125, 150 мм; 6 мм – 175, 200 мм; 8 мм – 250 мм.

Перекос определяется измерением величины наибольшего зазора между каждым из торцов трубы, уложенной на ровную поверхность с касанием не менее чем в двух точках, и стороной прикладываемого угольника (см. рис. 1.7).

Внутренние поверхности труб и плоскости торцов должны быть гладкими. На поверхности труб допускаются отдельные выплавки, пу-

зыри, вмятины, отбитости и инородные включения в количестве не более пяти размером от 3 до 6 мм и не более восьми включений, в том числе известковых, вызывающих на поверхности трубы отколы не более $\frac{1}{4}$ толщины ее стенки. Наличие известковых включений и их разрушающее действие на испытываемые трубы-образцы определяют путем кипячения в воде. Для этого трубы помещают в сосуд на решетку, под которой налита вода, закрывают крышкой и кипятят в течение 1 ч. Затем образцы охлаждают в закрытом сосуде в течение 1 ч, после чего их вынимают и осматривают.

На трубе допускается одна сквозная продольная трещина длиной до 80 мм или сквозная кольцевая трещина не более $\frac{1}{4}$ длины окружности (периметра). Полученные данные записывают в табл. 1.8.

Т а б л и ц а 1.8. Оценка качества дренажных керамических труб по внешнему виду, форме и размерам (диаметр труб _____ мм)

| Показатели обмера и осмотра | Отклонения, допускаемые ГОСТом | Номер образца | | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------|---|---|---|---|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Среднее |
| Отклонения в размерах труб: по внутреннему диаметру d , мм | | | | | | | |
| толщине стенки S , мм | | | | | | | |
| длине l , мм | | | | | | | |
| Овальность труб, мм | | | | | | | |
| Искривление, мм | | | | | | | |
| Перекося труб, мм | | | | | | | |
| Отдельные выплавки, пузыри, вмятины, инородные включения, шт. | | | | | | | |
| Трещины, шт. | | | | | | | |

1.7.2. Определение прочности

Оборудование и материалы: образцы труб; гидравлический пресс; деревянные бруски размером 100×100 мм; резиновые прокладки.

Проведение испытаний. Определение прочности труб проводят на гидравлическом прессе. Трубу в воздушно-сухом состоянии укладывают в горизонтальном положении между двумя деревянными брусками сечением и длиной не менее длины испытываемой трубы. Для равномерной передачи давления по всей образующей (границы) трубы укладывают на резиновые прокладки. Нагрузку прикладывают со скоростью 0,1...0,2 кН (10...20 кгс) в секунду до разрушения.

За прочность труб данной партии принимают среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти труб-образцов. При этом прочность отдельных труб не должна быть ниже 0,5 кН (50 кгс). Внешняя нагрузка, которую должны выдерживать трубы без разрушения, должна быть не менее: 3,5 кН (350 кгс) при диаметре 50, 75 мм; 4,5 кН (450 кгс) – 100, 125, 150 мм; 5,0 кН (500 кгс) – 175, 200, 200 мм. Результаты испытаний записывают в табл. 1.9.

Т а б л и ц а 1.9. Определение прочности дренажных керамических труб

| Номер опыта | Диаметр труб, мм | Нагрузка, Н | |
|-------------|------------------|-------------|-------------|
| | | разрушающая | допускаемая |
| | | | |

Глава 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Портландцементом называют гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением обожженной до спекания при температуре 1450...1500 °С сырьевой смеси, состоящей из известняка (75...78 %) и глины (22...25 %), обеспечивающей преобладание в клинкере силикатов кальция.

Клинкером называют спекшуюся сырьевую смесь в виде зерен размером до 40 мм. Для регулирования сроков схватывания цемента к клинкеру при помоле добавляют гипс в количестве не менее 1,5 % и не более 3,5 % от массы цемента.

2.1. Определение истинной плотности

Истинная плотность оказывает влияние на свойства портландцементов. Из портландцементов одного и того же вида более экономичны те, которые имеют меньшую истинную плотность. При равной активности и водопотребности они дают больший выход цементного теста.

Оборудование и материалы: проба цемента; аналитические весы; совок; воронка; сушильный шкаф; эксикатор; серная кислота концентрированная; объемметр Ле Шателье; жидкость, инертная к цементу (бензин, керосин, бензол); термометр; водяной термостат; фильтровальная бумага.

Истинную плотность портландцемента определяют при помощи объемметра Ле Шателье (рис. 2.1), который выполнен в виде стеклянной колбы с узким горлом, расширяющимся в средней части. Объем колбы составляет 120...150 см³. Горло градуировано с ценой

деления $0,1 \text{ см}^3$. В нижней и верхней частях от уширения нанесены две черты, объем между которыми равен 20 см^3 .

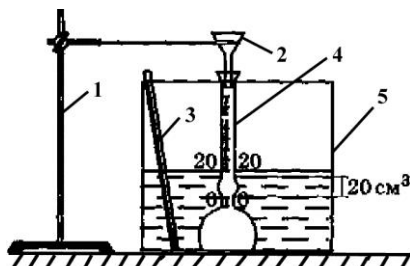


Рис. 2.1. Объемометр Ле Шателье:
1 – штатив; 2 – воронка; 3 – термометр;
4 – объемометр; 5 – сосуд с водой

Проведение испытаний. Объемометр помещают в сосуд с водой, чтобы градуированная часть его была погружена в воду. Температура воды должна быть $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$, т. е. соответствовать температуре, при которой производилась тарировка прибора. Во избежание всплывания прибор закрепляют на штативе.

Объемометр заполняют безводной жидкостью до нижней нулевой черты. Верхнюю часть, свободную от жидкости, вытирают тампоном из фильтровальной бумаги.

Из пробы цемента, предварительно высушенной в течение 2 ч при температуре $(110 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы, а затем охлажденной в эксикаторе, отвешивают 65 г цемента. Через воронку совком цемент всыпают в объемометр, пока уровень жидкости не поднимется до черты 20 см^3 . Для удаления пузырьков воздуха из цемента объемометр поворачивают вокруг его вертикальной оси. Остаток цемента взвешивают.

Обработка результатов. Истинную плотность $\rho_{\text{иц}}$, г/см^3 , определяют по формуле

$$\rho_{\text{иц}} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (2.1)$$

где $\rho_{\text{иц}}$ – истинная плотность, г/см^3 ;

m – масса цемента до начала опыта, г;

m_1 – масса остатка цемента, г;

V – объем жидкости, вытесненной цементом, см^3 .

Испытания выполняют три раза. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из трех определений. Полученные данные записывают в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Определение истинной плотности

| Показатель | Номер определения | | |
|---|-------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Масса цемента до начала опыта m , г | | | |
| Масса остатка цемента m_1 , г | | | |
| Объем жидкости, вытесненной цементом V , см ³ | | | |
| Истинная плотность цемента $\rho_{\text{ист}}$, г/см ³ | | | |
| Среднее значение истинной плотности цемента $\rho_{\text{ист}}$, г/см ³ | | | |

2.2. Определение насыпной плотности

Насыпную плотность необходимо знать для подсчета количества портландцемента на складе, определения вместимости складов. Она меньше у более тонкоизмельченных цементов с меньшей истинной плотностью.

Оборудование и материалы: проба цемента; стандартная воронка; мерный цилиндр вместимостью 1000 см³; весы; виброплощадка.

Насыпную плотность портландцемента в рыхлом состоянии определяют при помощи стандартной воронки (рис. 2.2) с поворачивающимся затвором в нижней части и мерного металлического сосуда объемом 1000 см³.

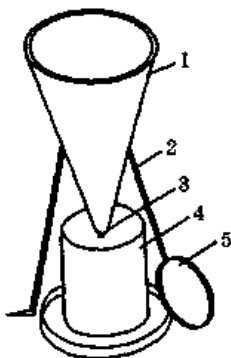


Рис. 2.2. Прибор для определения насыпной плотности цемента:
1 – воронка; 2 – подставка; 3 – задвижка;
4 – мерный цилиндр; 5 – сито

Проведение испытаний. Испытания проводят в следующей последовательности. Цемент насыпают в воронку при закрытом затворе. Под выходное отверстие подставляют мерный сосуд, который должен находиться на расстоянии 50 мм от задвижки затвора. Затем открывают затвор и наполняют мерный сосуд с избытком, после чего затвор закрывают, а избыток цемента срезают линейкой. Цилиндр с цементом взвешивают с точностью до 1 г.

Обработка результатов. Насыпную плотность ρ_n , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (2.2)$$

где ρ_n – насыпная плотность, г/см³;

m_1 , m_2 – масса мерного сосуда соответственно с цементом и пустого, г;

V – объем сосуда, см³.

Испытания повторяют три раза. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение.

Для определения насыпной плотности цемента в уплотненном состоянии применяют приведенную выше методику с тем отличием, что после заполнения мерного сосуда цемент уплотняют вибрированием на виброплощадке в течение 30...60 с или легким постукиванием цилиндра о стол. В процессе уплотнения цемент досыпают, а избыток его затем срезают. Результаты испытания записывают в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2.2. Определение насыпной плотности

| Показатель | Номер определения | | |
|--|-------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Масса сосуда с цементом m_1 , г | | | |
| Масса сосуда без цемента m_2 , г | | | |
| Объем сосуда V , см ³ | | | |
| Насыпная плотность ρ_n , г/см ³ | | | |
| Среднее значение насыпной плотности цемента ρ_n , г/см ³ | | | |

2.3. Определение тонкости помола (ГОСТ 310.2)

При производстве портландцемента цементный клинкер измельчают до частиц размером 10...20 мкм. От тонкости измельчения зависит

прочность, скорость его взаимодействия с водой и, следовательно, скорость твердения.

Оборудование и материалы: проба цемента; фарфоровая чашка; технические весы; сито № 09; сито № 008 с донышком и крышкой; прибор для встряхивания сит; сушильный шкаф; эксикатор; лист глянцевой бумаги; кисточка.

Проведение испытаний. Перед началом испытания пробу цемента массой 100 г высушивают в фарфоровой чашке в сушильном шкафу при температуре 105...110 °С в течение 2 ч. Затем охлаждают в эксикаторе до температуры помещения (20 ± 3) °С и просеивают через сито № 09. Из подготовленной таким образом пробы отвешивают 50 г цемента и помещают в сито № 008 (рис. 2.3), закрывают крышкой и просеивают в механическом приборе в течение 5...10 мин. При отсутствии прибора просеивание можно делать вручную. Испытание считают законченным, если при контрольном просеивании в течение 1 мин через сито проходит не более 0,05 г цемента.

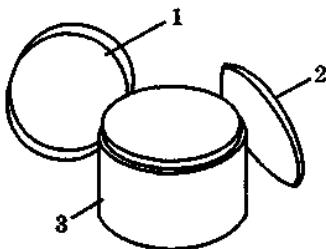


Рис. 2.3. Сито для просеивания цемента:
1 – сито с сеткой № 008; 2 – крышка; 3 – донышко

Обработка результатов. Тонкость помола T с точностью до 0,1 % выражается остатком на сите № 008 в процентах от первоначальной массы и определяется по формуле

$$T = \frac{m_1}{m} 100, \quad (2.3)$$

где T – тонкость помола, %;

m_1 – масса цемента, взятая для испытания, г;

m – масса цемента, оставшегося на сите после просеивания, г.

Результаты испытания записывают в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.3. **Определение тонкости помола**

| Показатель | Результат |
|---|-----------|
| Масса цемента, взятого для испытания, m_1 , г | |
| Масса цемента, оставшегося на сите после просеивания, m , г | |
| Тонкость помола (остаток на сите) T , % | |

Тонкость помола должна быть такой, чтобы остаток на сите № 008 не превышал 15 %.

2.4. **Определение удельной поверхности цемента**

Одним из показателей дисперсности цемента является удельная поверхность. Она характеризуется суммарной площадью поверхности зерен в 1 г цемента. Определяется методом воздухопроницаемости, который основан на сопротивлении слоя цемента воздуху, проходящему через него. С увеличением дисперсности с 3 до 4...4,5 тыс. см²/г прочность цемента повышается на 15...20 %.

Оборудование и материалы: проба цемента; пневматический поверхностемер; сушильный шкаф; эксикатор; технические весы; фарфоровая чашка; сито № 09; секундомер; фильтровальная бумага.

Удельная поверхность зерен определяется при помощи специального прибора – пневматического поверхностемера (рис. 2.4), который состоит из гильзы, манометра-асpirатора, крана, резиновой груши и регулятора разрежения.

Гильза представляет собой металлический цилиндр с внутренним диаметром $(25,2 \pm 0,1)$ мм, перегороденный диском в виде металлической перфорированной пластинки толщиной 2 мм с 88 отверстиями диаметром 1,2 мм каждое, опирающейся на заплечники гильзы. Цилиндр устанавливается на доньшко в виде обоймы. С помощью гильзы через резиновый шланг нижняя часть камеры соединяется с манометром-асpirатором.

Для уплотнения цемента в гильзе служит плунжер, изготовленный в виде цилиндра с вертикальным каналом для прохода воздуха, упорным кольцом и рукояткой. Манометр-асpirатор предназначен для создания разрежения, в результате которого происходит просасывание воздуха через слой цемента, и для измерения величины этого разрежения. Он представляет собой стеклянный сосуд с двумя коленами, заполненными водой до нулевой отметки. Одно колено присоединено к гильзе и регулятору разрежения, второе открыто.

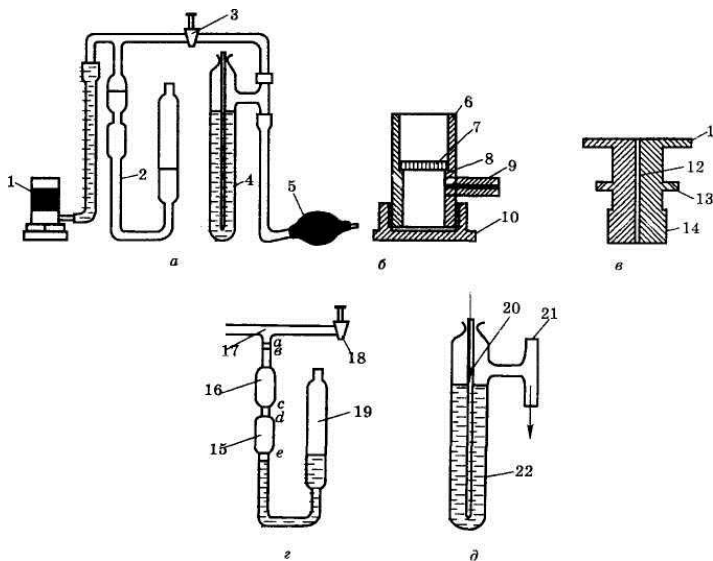


Рис. 2.4. Пневматический поверхностемер:

- a* – схема прибора: 1 – гильза; 2 – манометр-аспиратор; 3 – кран;
 4 – регулятор разрежения; 5 – резиновая груша;
- б* – гильза: 6 – камера; 7 – перфорированный диск; 8 – заплечники;
 9 – трубка; 10 – доньшко с обоймой;
- в* – плунжер: 11 – рукоятка; 12 – канал; 13 – упорное кольцо; 14 – корпус;
- г* – манометр-аспиратор: 15, 16 – уширения на трубке для воды;
 17 – трубка; 18 – кран; 19 – открытое колено с уширением;
- д* – гидравлический регулятор разрежения: 20 – трубка для ввода
 воздуха; 21 – трубка в виде тройника; 22 – сосуд

Первое колено имеет два уширения, из которых верхнее служит для измерения дисперсности цемента с большей удельной поверхностью, нижнее – с малой. Выше и ниже этих уширений имеются метки *b*, *c*, *d*, *e*, а также нулевая метка на колене, до которой манометр-аспиратор заполняется жидкостью, и верхняя *a*, до которой должна подняться жидкость до начала измерения. Манометр-аспиратор включается и выключается краном.

Гидравлический регулятор разрежения состоит из стеклянного сосуда и трубки для ввода воздуха. Он заполняется насыщенным раствором поваренной соли в количестве, достаточном для того, чтобы при создании разрежения жидкость в закрытом колене манометра-аспиратора поднималась до уровня метки *a*.

Разрежение создается водоструйным насосом или резиновой грушей, имеющей клапаны для создания движения воздуха в одном направлении.

Подготовка к испытанию. Перед испытанием следует проверить герметичность гильзы и всех соединений прибора. Для этого гильзу закрывают сверху резиновой пробкой, гидравлический регулятор заполняют насыщенным раствором поваренной соли, а манометр-аспиратор – водой. Открывают кран и создают разрежение с помощью резиновой груши или водоструйного насоса. Уровень воды в манометр-аспираторе доводят до метки a и закрывают кран. При герметичности соединений прибора уровень воды не должен опускаться. Если же он опускается, следует найти и устранить место подсоса воздуха.

Для проверки правильности измерения применяется эталонный порошок, размолотый до определенной удельной поверхности, и очищенный соляной кислотой кварцевый песок.

В паспорте прибора указывается величина навески, коэффициент пористости, удельная поверхность эталонного порошка.

Подготовка пробы цемента заключается в следующем. Цемент просеивают через сито № 09, отвешивают 25 г, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105...110 °С в течение 2 ч, охлаждают в эксикаторе. Затем из подготовленной пробы берут навеску цемента, взвешенную с точностью до 0,01 г, которую помещают в гильзу прибора. Массу навески подбирают опытным путем. Она зависит от истинной плотности цемента и величины уплотнения.

Цемент помещают в гильзу, сверху устанавливают плунжер, умеренно нажимают на него рукой, чтобы верхний обрез кольца был на верхнем уровне гильзы. В гильзе должен получиться плотный слой цемента с коэффициентом пористости $\Pi = 0,48 \pm 0,1$. По истинной плотности цемента $\rho_{\text{иц}}$ и его объему V в гильзе вычисляют массу навески m , г, по формуле

$$m = \rho_{\text{иц}} (1 - \Pi), \quad (2.4)$$

где m – масса испытуемого цемента, г;

$\rho_{\text{иц}}$ – истинная плотность цемента, г/см³.

Объем слоя цемента в гильзе равен 7,5 см³ при площади поперечного сечения гильзы 5 см² и высоте слоя цемента 1,5 см.

Проведение испытаний. Из приготовленной пробы цемента берут навеску, подобранную опытным путем, и взвешивают ее с точностью до 0,01 г.

В гильзу прибора помещают перфорированный диск, на него укладывают кружок фильтровальной бумаги, вырезанной по диаметру гильзы, и всыпают цемент. Слегка постукивая по стенке цилиндра, выравнивают поверхность цемента. Затем укладывают второй кружок фильтровальной бумаги, сверху устанавливают плунжер, умеренно нажимают на него рукой, чтобы упорное кольцо плунжера было на уровне верха гильзы.

Гильзу присоединяют к манометру-аспиратору резиновой трубкой. Затем при помощи груши или водоструйного насоса создают разрежение под слоем цемента и открывают кран. Вода должна подняться до уровня метки *a* между двумя линиями, после чего кран закрывают. Вода в колене начнет опускаться, просасывая воздух через цемент, находящийся в гильзе. Когда вода достигнет метки *b*, включают секундомер и замеряют время *T* опускания ее до уровня *c*. Если вода опускается быстро и затрудняется возможность зафиксировать время опускания, пользуются нижним расширением и замеряют время опускания воды между уровнями *d* и *c*. Просасывание воздуха через одну навеску цемента выполняют два или три раза. Разность между наименьшим и наибольшим значениями не должна превышать 10 %. Для последующих расчетов принимают среднее арифметическое значение.

Обработка результатов. Удельную поверхность цемента вычисляют по формуле

$$S = \frac{K}{\rho_{\text{шт}}} \sqrt{\frac{\Pi^3 T}{(1 - \Pi)\eta}}, \quad (2.5)$$

где *S* – удельная поверхность цемента, см²/г;

K – постоянная пневматического поверхностемера, которая указывается в паспорте прибора для верхнего и нижнего расширений манометра-аспиратора;

Π – коэффициент пористости цемента в гильзе в долях единицы;

T – время снижения уровня воды от метки *a* до метки *b* верхнего расширения или от *c* до *d* нижнего расширения манометра-аспиратора, с;

η – вязкость воздуха, пуаз.

Результаты испытания записывают в табл. 2.4.

Истинную плотность цемента определяют раньше, вязкость воздуха в зависимости от температуры принимается по табл. 2.5. На приборе определяется только время *T* просасывания воздуха через гильзу с цементом.

Таблица 2.4. Определение удельной поверхности цемента

| | | | | | | | | | | |
|------|-------------|--|-------------------------|---|------------------------|---|--|------------------------|---------------------------------|---|
| Дата | Вид цемента | Истинная плотность цемента $\rho_{\text{ист}}$, г/см ³ | Навеска цемента m , г | Объем слоя цемента в гильзе V , см ³ | Постоянная прибора K | Коэффициент пористости цемента в гильзе P | Температура помещения при проведении опыта, °С | Вязкость воздуха, пуаз | Продолжительность опыта T , с | Удельная поверхность цемента S_v , см ² /г |
| | | | | | | | | | | |

Таблица 2.5. Вязкость воздуха при различных температурах

| Температура, °С | Вязкость воздуха, пуаз | $\sqrt{\frac{1}{\eta}}$ |
|-----------------|------------------------|-------------------------|
| 8 | 0,0001719 | 75,64 |
| 10 | 0,0001759 | 75,41 |
| 12 | 0,0001763 | 75,21 |
| 14 | 0,0001778 | 75,00 |
| 16 | 0,0001788 | 74,79 |
| 18 | 0,0001798 | 74,58 |
| 20 | 0,0001808 | 74,34 |
| 22 | 0,0001818 | 74,16 |
| 24 | 0,0001828 | 73,96 |
| 26 | 0,0001837 | 73,78 |
| 28 | 0,0001847 | 73,58 |
| 30 | 0,0001857 | 73,38 |
| 32 | 0,0001867 | 73,19 |
| 34 | 0,0001876 | 73,01 |

Возможны следующие ошибки при повторных испытаниях: навеска цемента неравномерно распределена по сечению гильзы, недостаточное прессование, появление трещин в уплотненном слое цемента в результате быстрого извлечения плунжера из гильзы.

2.5. Определение нормальной густоты цементного теста (ГОСТ 310.3)

Нормальная густота цементного теста характеризуется процентным отношением содержания воды от массы цемента. Уменьшение нормальной густоты цементного теста на 1 % понижает водопотребность

бетонной смеси на $2 \dots 5 \text{ л/м}^3$, что приводит к уменьшению расхода цемента на 1 м^3 бетона. Сроки схватывания и равномерность изменения объема цемента определяются также на цементном тесте нормальной густоты.

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; вода; прибор Вика; механическая мешалка или чашка для затворения; стандартная лопатка; нож; мерный цилиндр; технические весы; машинное масло; секундомер.

Подготовка к испытаниям. Нормальную густоту цементного теста определяют на приборе Вика с пестиком (рис. 2.5). Цементное тесто готовят вручную или в механической мешалке.

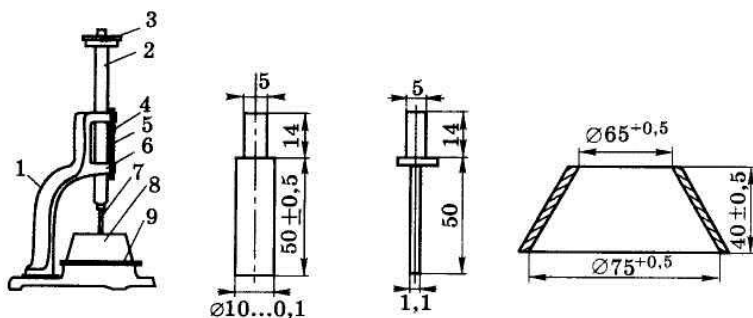


Рис. 2.5. Прибор Вика:

- 1 – металлическая станина; 2 – цилиндрический подвижный стержень;
- 3 – площадка для дополнительного груза; 4 – указатель; 5 – шкала;
- 6 – зажимный винт; 7 – пестик или стальная игла; 8 – кольцо;
- 9 – стальная пластинка

При ручном перемешивании 400 г цемента, взвешенного с точностью до 1 г, всыпают в металлическую сферическую чашку (рис. 2.6), предварительно протертую влажной тканью, делают в цементе углубление, вливают воду.

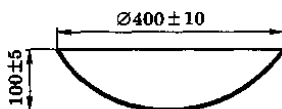


Рис. 2.6. Чашка для затворения цемента

Количество воды для первого пробного замеса может быть ориентировочно принято 100...110 г (25...28 % от массы цемента). После заливки воды углубление заполняют цементом и через 30 с перемешивают, вначале осторожно, а затем энергично растирают стандартной лопаткой (рис. 2.7) во взаимно перпендикулярных направлениях. Продолжительность перемешивания и растирания составляет 5 мин.

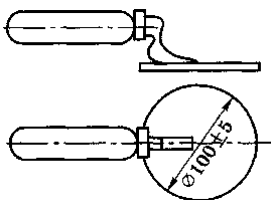


Рис. 2.7. Стандартная лопатка

При перемешивании в механической мешалке 400 г цемента распределяют равномерно по дну чаши мешалки, которую предварительно протирают влажной тканью. На цемент равномерно выливают воду и включают мешалку. Через 5 мин мешалка автоматически выключается. В один прием кольцо прибора наполняют цементным тестом, встряхивают его 5...6 раз, постукивая пластинку о стол, после чего выравнивают поверхность теста ножом, смоченным водой, и ставят под стержень прибора Вика.

Проведение испытаний. Перед началом испытания следует проверить, свободно ли опускается стержень прибора, положение стрелки, которая должна находиться на нуле при соприкосновении пестика с пластинкой. Кольцо и пластинку смазывают машинным маслом тонким слоем.

Затем приводят пестик в соприкосновение с цементным тестом в центре кольца и стержень закрепляют винтом. Потом винт отвертывают, одновременно запуская секундомер. Через 30 с винт завертывают и по шкале определяют глубину погружения. Если отсчет показывает, что пестик не дошел до пластинки на 5...7 мм, тесто считается нормальной густоты. В противном случае цемент затворяют вновь, изменив количество воды. Результаты испытания записывают в табл. 2.6.

Т а б л и ц а 2.6. **Определение нормальной густоты цементного теста**

| Номер опыта | Количество воды | | Глубина погружения пестика, мм | Нормальная густота теста, % |
|-------------|-----------------|---|--------------------------------|-----------------------------|
| | г | % | | |
| | | | | |

2.6. Определение сроков схватывания цементного теста (ГОСТ 310.3)

Сроки схватывания портландцемента должны наступать не ранее 45 мин и не позже 10 ч. В действительности для большинства цементов начало схватывания наступает через 1...2 ч, а конец – через 5...8 ч. Эти сроки обеспечивают перевозку и укладку растворных и бетонных смесей. При необходимости сроки схватывания цементов можно регулировать введением химических добавок.

Оборудование и материалы: проба цемента; вода; прибор Вика; чаша для затворения сферической формы; стандартная лопатка; мерный цилиндр; секундомер; технические весы; нож; машинное масло; часы.

Сроки схватывания цементного теста определяются на приборе Вика (см. рис. 2.5), на нижней части подвижного стержня которого закреплена стальная игла сечением 1 мм². Для сохранения общей массы подвижной части прибора, равной (300 ± 2) г, на верх стержня укладывают довеску. За начало схватывания принимают время от начала затворения (приливания воды) цемента водой до момента, когда игла прибора не дойдет до пластинки на 1...2 мм. За конец схватывания принимают время от начала затворения до момента, когда игла опустится в тесто не более чем на 1...2 мм.

Проведение испытаний. Приготавливают тесто нормальной густоты, которым заполняют кольцо прибора, слегка встряхивают его 5...6 раз для удаления воздуха и ставят под иглу. Доводят иглу до соприкосновения с поверхностью теста, закрепляют стержень винтом, после чего отвинчивают винт, освобождая стержень, и дают игле свободно погружаться в тесто. В начале опыта иглу следует слегка придерживать, чтобы она не согнулась при соприкосновении с пластинкой. Погружение делают через 10 мин. Кольцо с тестом передвигают перед каждым погружением, чтобы игла не попадала в одно и то же место. После каждого погружения иглу вытирают. Результаты испытания записывают в табл. 2.7.

Таблица 2.7. Определение сроков схватывания цементного теста

| | |
|--|-----------------------|
| Цемент _____ | Завод _____ |
| Температура помещения _____ | Навеска цемента _____ |
| Количество воды для теста нормальной густоты _____ г _____ % | |
| Прибор _____ | |
| Время затворения _____ ч _____ мин | |

| Номер опыта | Показания прибора, мм | Время | |
|-------------|-----------------------|-------|-----|
| | | ч | мин |
| | | | |

Начало схватывания _____ ч _____ мин

Конец схватывания _____ ч _____ мин

2.7. Определение сроков схватывания полевым способом

Полевой способ служит для ориентировочной оценки качества цемента и не заменяет основной способ.

Оборудование и материалы: проба цемента; вода; чашка для затворения; стандартная лопатка; мерный цилиндр; технические весы; нож; машинное масло; часы; стеклянная пластинка.

Проведение испытаний. Из теста нормальной густоты изготавливают лепешку, как при определении равномерности изменения объема (см. подп. 2.8). На ее поверхности через каждые 10 мин делают легкие, без нажима, надрезы ножом или бритвой.

За начало схватывания принимают время от начала затворения до момента, когда после легкого нажима ножом или бритвой след на лепешке не заплывает. За конец схватывания принимают время от начала затворения до момента, когда нож или бритва при легком нажиме перестанут оставлять след на лепешке. При более сильном нажиме корочка должна лопаться с хрустом.

2.8. Определение равномерности изменения объема цемента (ГОСТ 310.3)

Содержание в цементе свободных оксидов кальция СаО более 2 %, магния MgO более 5 % и гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ более 3 % вызывает неравномерность изменения объема цементного камня. Это происходит из-за нарушений технологии производства и отклонений в составе сырьевой смеси. Неравномерность изменения объема цемента приводит к деформации и образованию трещин в твердеющих растворах и бетонах и даже к их разрушению.

Равномерность изменения объема цемента устанавливается кипячением в воде образцов-лепешек, изготовленных из цементного теста.

Оборудование и материалы: средняя проба цемента; вода; машинное масло; чашка для затворения; стандартная лопатка; мерный цилиндр; ванна с гидравлическим затвором; пропарочный бачок;

нагревательный прибор; термометр; технические весы; чистые стеклянные пластинки; нож; металлическая линейка; часы.

Проведение испытаний. Отвешивают 400 г цемента и готовят из него тесто нормальной густоты. Затем берут две навески цементного теста по 75 г и помещают каждую из них в виде шарика на стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Встряхивая пластинку легким постукиванием о стол, добиваются расплывания шарика в лепешку диаметром 7...8 см и толщиной в середине 1 см. Поверхность лепешек сглаживают от наружных краев к центру ножом, смоченным водой. Изготовленные лепешки в течение (24 ± 2) ч хранят в ванне с гидравлическим затвором (рис. 2.8) при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, затем снимают с пластинок и помещают на решетчатую полку пропарочного бачка (рис. 2.9). Бачок заполняют водой до уровня на 4...6 см выше поверхности лепешек, после чего его закрывают и ставят на нагревательный прибор. За 30...45 мин воду доводят до кипения и кипятят 3 ч. Затем охлаждают в бачке до температуры $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и осматривают образцы.

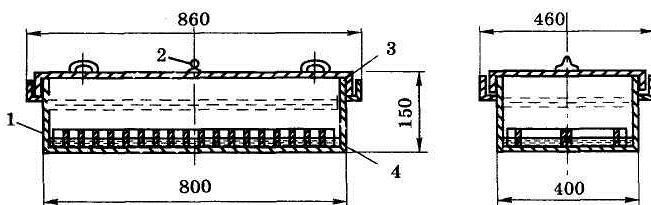


Рис. 2.8. Ванна с гидравлическим затвором:

1 – ванна; 2 – пробка; 3 – гидравлический затвор; 4 – решетка для образцов

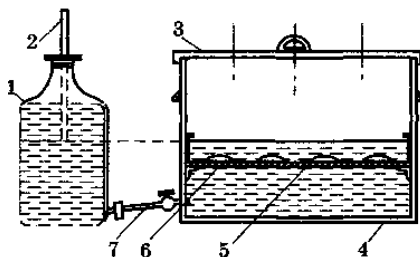


Рис. 2.9. Пропарочный бачок:

1 – сосуд с водой; 2 – подвижная трубка для регулирования уровня воды в бачке; 3 – крышка; 4 – бачок; 5 – съемная решетка; 6 – лепешки из цементного теста; 7 – резиновая трубка

Цемент считается качественным, если на образцах-лепешках не обнаружится радиальных, доходящих до краев, трещин или мелких трещин, видимых в лупу или невооруженным глазом, а также каких-либо искривлений (рис. 2.10).

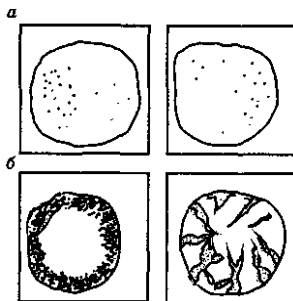


Рис. 2.10. Лепешки для испытания на равномерность изменения объема:
а – лепешки, выдержавшие испытания;
б – лепешки, не выдержавшие испытания

Результаты испытаний записывают по следующей форме:

Цемент _____
 Завод _____
 Навеска цемента _____ г
 Вода _____ % от массы цемента.

2.9. Определение марки цемента по пределу прочности при изгибе и сжатии (ГОСТ 310.4)

Марку цемента определяют по результатам испытаний образцов-балочек размером 40×40×160 мм на изгиб и их половинок на сжатие по схемам, приведенным на рис. 2.11 и 2.12. Предел прочности образцов на сжатие в возрасте 28 суток называют активностью.

По механической прочности портландцементы подразделяются на марки 300, 400, 500, 550, 600, каждой из которых соответствует предел прочности при изгибе и сжатии образцов в возрасте 28 суток, приведенный в табл. 2.8. Для быстротвердеющих портландцемента и шлакопортландцемента, кроме того, нормируется предел прочности в возрасте 3 суток.

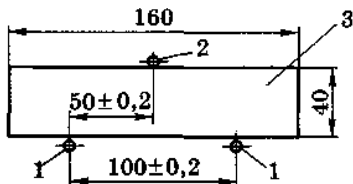


Рис. 2.11. Схема испытания цементных образцов на изгиб:
1 – опора; 2 – нагружающий валик;
3 – образец-балочка

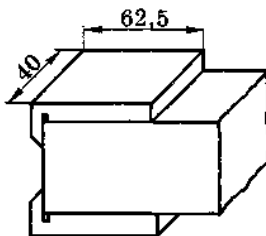


Рис. 2.12. Расположение нажимных металлических пластинок при испытании половинок балочек на сжатие

Т а б л и ц а 2.8. Марки портландцемента

| Гарантированная марка цемента | Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа, не менее | |
|-------------------------------|---|------------|
| | при изгибе | при сжатии |
| 300 | 4,4 | 29,4 |
| 400 | 5,4 | 39,2 |
| 500 | 5,9 | 49,0 |
| 550 | 6,1 | 53,9 |
| 600 | 6,4 | 58,8 |

Примечание. Марка цемента 300 приведена для шлакопортландцемента.

Оборудование и материалы: проба цемента; вода; нормальный песок; технические весы; чаша сферическая для затворения; стандартная лопатка; лабораторная мешалка; встряхивающий столик; формконус; металлическая штыковка; комплект форм-балочек с насадкой; виброплощадка; ванна с гидравлическим затвором; ванна для хранения балочек; нож; машинное масло; секундомер; испытательная машина МИИ-100; нажимные пластинки; гидравлический пресс ($P = 500$ кН).

Подготовка к испытаниям. Отвешивают 500 г цемента и 1500 г нормального песка, насухо перемешивают их в течение 1 мин в стальной сферической чашке. Затем в центре смеси делают углубление, вливают 200 г воды, что соответствует водоцементному отношению, равному 0,4, и снова перемешивают в течение 1 мин. Растворную смесь помещают в лабораторную мешалку (рис. 2.13) и перемешивают 2,5 мин двадцатью оборотами мешалки, после чего проверяют консистенцию при помощи встряхивающего столика и формы-конуса (рис. 2.14). Для этого форму-конус устанавливают в центре диска на стекло, предварительно увлажнив, и заполняют растворной смесью в два слоя.

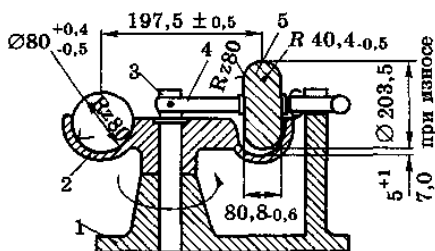


Рис. 2.13. Лабораторная мешалка:

1 – станина; 2 – смесительная чаша; 3 – ось чаши;
4 – откидная траверса; 5 – валик для перемешивания раствора

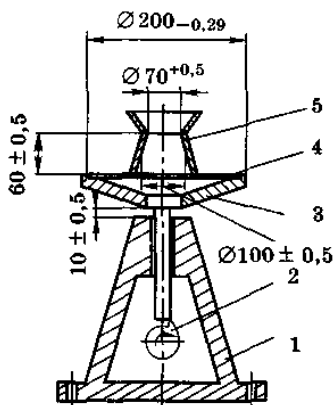


Рис. 2.14. Встряхивающий столик и форма-конус:

1 – чугунная станина; 2 – кулачок;
3 – ось с горизонтальным диском;
4 – стекло; 5 – форма

Каждый слой уплотняют металлической штыковкой (рис. 2.15): нижний – 15, верхний – 10 раз. Затем излишек раствора срезают и форму-конус снимают. Вращая рукоятку, встряхивают диск с находящимся на нем раствором 30 раз в течение 30 с, потом измеряют величину расплыва конуса во взаимно перпендикулярных направлениях. Консистенция раствора считается нормальной при расплыве конуса в интервале 106...115 мм. Если расплыв получается большим или меньшим, то делают новые замесы с соответственно меньшим или большим количеством воды. Водопотребность растворной смеси выражается в виде водоцементного отношения.

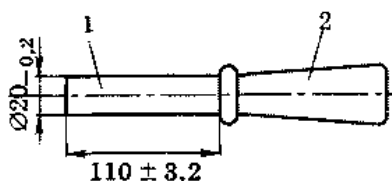


Рис. 2.15. Металлическая штыковка:
1 – стержень; 2 – ручка

Из приготовленного цементного раствора на каждый срок испытания изготовляют три образца-балочки. Их формуют в трехгнездных формах (рис. 2.16).

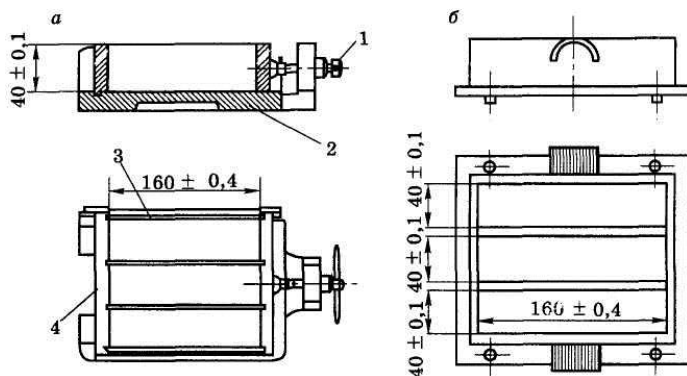


Рис. 2.16. Металлическая разъемная форма для балочек (а) и насадка к ней (б):
1 – зажимный винт; 2 – поддон; 3 – боковые стенки; 4 – торцевые стенки

На формы надевают насадки, смазывают машинным маслом, ставят на стандартную виброплощадку (рис. 2.17) и прочно закрепляют.

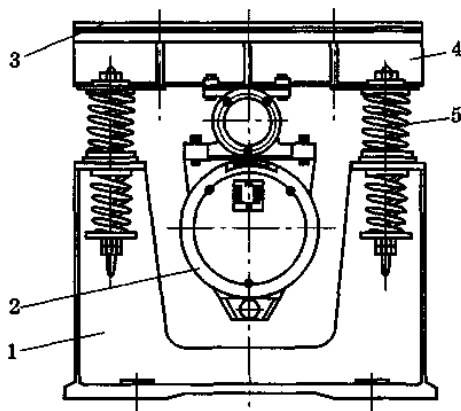


Рис. 2.17. Лабораторная виброплощадка:

- 1 – станина; 2 – электродвигатель с неуравновешенным грузом;
- 3 – площадка; 4 – рама; 5 – пружина

Виброплощадка создает вертикальные колебания амплитудой 0,35 мм и частотой 2800...3000 колебаний в минуту. Приготовленный раствор вкладывают в гнезда формы высотой 1 см и включают виброплощадку. В течение 2 мин равномерными порциями заполняют гнезда раствором. Общее время вибрации должно быть 3 мин. Затем снимают с формы насадку, а излишки раствора срезают ножом, смоченным в воде.

Образцы в формах хранят в ванне с гидравлическим затвором в течение (24 ± 2) ч, после чего расформовывают и укладывают горизонтально в ванне с водой так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Температура воды должна составлять (20 ± 2) °С. Воду меняют через 14 суток.

Испытания проводят через 28 суток с момента изготовления образцов, вначале на изгиб на испытательной машине МИИ-100 (рис. 2.18), а половинки – на сжатие на гидравлическом прессе (рис. 2.19). Перед испытанием образцы вытирают насухо.

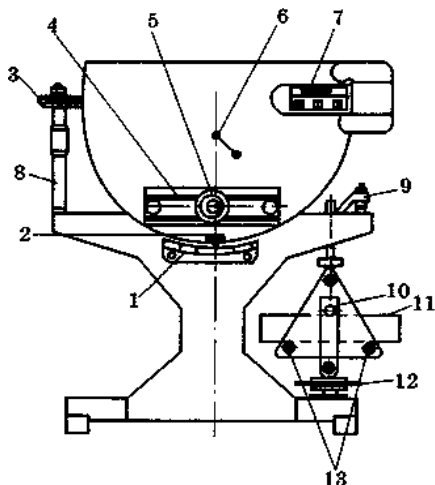


Рис. 2.18. Испытательная машина МИИ-100:
 1 – шкала; 2 – стрелка; 3 – шайба; 4 – прорезь;
 5 – груз; 6 – рукоятка управления; 7 – счетчик;
 8 – амортизатор; 9 – коромысло;
 10 – валик; 11 – образец-балочка;
 12 – маховичок; 13 – опоры

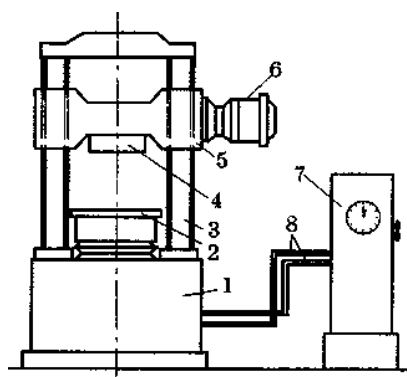


Рис. 2.19. Схема гидравлического прессы:
 1 – чугунная станина; 2 – нижняя опора;
 3 – стальные колонны; 4 – верхняя опорная плита;
 5 – траверса; 6 – электродвигатель;
 7 – пульт управления; 8 – маслопроводы

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов для трех образцов.

Половинки балочек испытывают на сжатие, для чего применяют стальные пластинки размером 40×62,5 мм площадью 25 см² (рис. 2.20). Каждый образец помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы вертикальные плоскости находились между пластинками. Затем образец сжимают со скоростью (2 ± 0,5) МПа в секунду.

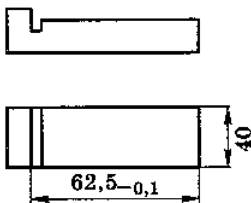


Рис. 2.20. Стальные пластинки для испытания на сжатие половинок образцов

Обработка результатов. Предел прочности при сжатии вычисляют по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (2.6)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, МПа;

P – разрушающая нагрузка, Н;

F – площадь образца, мм².

Средний предел прочности вычисляют с точностью до 0,1 МПа как среднее арифметическое значение из четырех наибольших результатов для шести образцов половинок балочек. Полученные данные предела прочности при изгибе и сжатии сравнивают с требованиями ГОСТ 10178-85 и определяют марку цемента. Допускается отклонение прочности образцов 28-суточного возраста до 5 % ниже марочной прочности.

Результаты испытаний записывают по нижеследующей форме и в табл. 2.9 и 2.10.

Цемент _____

Дата изготовления _____

Дата испытания _____

Количество изготовленных образцов _____

Навеска цемента ____ г, навеска песка ____ г
 Водоцементное отношение _____
 Прибор _____

Т а б л и ц а 2.9. Результаты испытания балочек на изгиб

| Показатель | Номер образца | | |
|---|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Предел прочности $R_{из}$, МПа | | | |
| Средний предел прочности из двух наибольших значений $R_{из}$, МПа | | | |

Т а б л и ц а 2.10. Результаты испытания половинок-балочек на сжатие

| Показатель | Номер образца | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Площадь сечения F , м ² | | | | | |
| Разрушающая нагрузка P , Н | | | | | |
| Предел прочности отдельного образца $R_{ск}$, МПа | | | | | |
| Средний предел прочности из четырех наибольших значений $R_{ск}$, МПа | | | | | |

Глава 3. ИСПЫТАНИЯ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ (ГОСТ 8735)

Песок представляет собой рыхлую смесь зерен крупностью от 0,16 до 5 мм. Он подразделяется на природный и искусственный. Природный песок образовался в результате выветривания горных пород. По условиям залегания он может быть речной, морской и горный (овражный), по минералогическому составу – кварцевый, полевошпатовый, известняковый, доломитовый. Наибольшее применение находит кварцевый песок. Искусственный песок получают дроблением горных пород.

Песок бывает следующих видов: природный, природный обогащенный, из отсевов дробления и обогащенный из отсевов дробления.

3.1. Определение влажности песка

Влажность песка учитывается при его приемке и дозировке для бетонной смеси. Наибольший объем песок занимает при влажности 5...7 %.

Оборудование и материалы: проба песка массой 1000 г; весы технические; шкаф сушильный; противень.

Проведение испытаний. Из испытуемого песка берут навеску массой 1000 г, помещают на противень и высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С. Затем песок охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

Обработка результатов. Влажность песка в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W_{\text{п}} = \frac{m - m_1}{m_1} 100, \quad (3.1)$$

где $W_{\text{п}}$ – влажность песка, %;

m – масса песка в состоянии естественной влажности, г;

m_1 – масса сухого песка, г.

Результаты испытания записывают в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1. **Определение влажности песка**

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Масса песка в состоянии естественной влажности m , г | |
| Масса сухого песка m_1 , г | |
| Влажность песка $W_{\text{п}}$, % | |

3.2. Определение истинной плотности песка ускоренным методом

Истинную плотность песка необходимо знать для определения его пустотности и подбора состава бетона.

Оборудование и материалы: проба песка массой 200 г; вода; сито с отверстиями 5 мм; объемомер Ле Шателье; весы технические; стаканчик для взвешивания; совок; воронка; фильтровальная бумага; шкаф сушильный; эксикатор.

Проведение испытаний. Объемомер наполняют водой до нижней нулевой черты. Верхнюю часть вытирают тампоном из фильтровальной бумаги. Из средней пробы берут 200 г песка, просеивают его через сито с отверстиями 5 мм, насыпают в стаканчик и высушивают до постоянной массы. Затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над серной кислотой или безводным хлористым кальцием и из него отвешивают две навески по 75 г каждая. Через воронку совком песок всыпают в объемомер, пока уровень воды не поднимется до черты 20 см³. Для удаления воздуха объемомер поворачивают вокруг вертикальной оси. Остаток песка взвешивают.

Обработка результатов. Истинную плотность песка вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{ип}} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (3.2)$$

где $\rho_{\text{ип}}$ – истинная плотность песка, г/см³;

m – масса песка до испытания, г;

m_1 – масса остатка песка, г;

V – объем воды, вытесненной песком, см³.

Испытания выполняют два раза, расхождение не должно превышать 0,02 г/см³. При большем расхождении делают третье определение и принимают среднее арифметическое двух ближайших значений. Полученные данные записывают в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Определение истинной плотности

| Показатель | Номер определения | |
|--|-------------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса песка до испытания m , г | | |
| Масса остатка песка m_1 , г | | |
| Объем воды, вытесненной песком, V , см ³ | | |
| Истинная плотность песка $\rho_{\text{ип}}$, г/см ³ | | |
| Среднее значение истинной плотности $\rho_{\text{ип}}$, г/см ³ | | |

3.3. Определение насыпной плотности песка

Насыпная плотность может быть в сухом стандартном уплотненном состоянии или в партии в состоянии естественной влажности с учетом имеющихся в нем зерен гравия. В первом случае она необходима для определения пустотности песка, для расчета состава бетона, во втором – для перевода количества поставляемого песка из весовых единиц в объемные.

Песок для тяжелого бетона класса В15 и выше и для бетона, подвергаемого замораживанию в насыщенном водой состоянии, должен иметь насыпную плотность не ниже 1,55 г/см³, в остальных случаях – не ниже 1,4 г/см³.

Оборудование и материалы: проба песка массой 5...10 кг; весы технические; мерный цилиндрический сосуд; совок; шкаф сушильный; металлическая линейка; сито с отверстиями 5 мм.

Проведение испытаний. Насыпную плотность песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют при помощи мерного ци-

цилиндрического сосуда вместимостью 1 л. Пробу песка массой от 5 до 10 кг (в зависимости от содержания и размера фракций гравия) высушивают до постоянной массы и просеивают через сито с круглыми отверстиями 5 мм.

Просеянный песок с высоты 10 см всыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с избытком. Избыток срезают линейкой и сосуд с песком взвешивают.

Обработка результатов. Насыпную плотность вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{нп}} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (3.3)$$

где $\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность песка, г/см³;

m_1 – масса мерного сосуда с песком, г;

m – масса пустого мерного сосуда, г;

V – объем сосуда, см³.

Испытания повторяют два раза на новых навесках песка. За окончательный результат берут среднее арифметическое из двух определений. Результаты записывают в табл. 3.3.

Т а б л и ц а 3.3. **Определение плотности песка**

| Показатель | Номер определения | |
|--|-------------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса пустого мерного сосуда m , г | | |
| Масса мерного сосуда с песком m_1 , г | | |
| Объем сосуда V , см ³ | | |
| Насыпная плотность $\rho_{\text{нп}}$, г/см ³ | | |
| Среднее значение насыпной плотности $\rho_{\text{нп}}$, г/см ³ | | |

Пустотность песка вычисляют по ранее определенной истинной и насыпной плотности песка по формуле

$$P_{\text{п}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{нп}}}{\rho_{\text{ип}}} \right) 100, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{п}}$ – пустотность, %;

$\rho_{\text{нп}}$ – насыпная плотность песка, г/см³;

$\rho_{\text{ип}}$ – истинная плотность песка, г/см³.

Для бетонов считается хорошим песок с пустотностью не более 40 %.

3.4. Определение зернового состава и модуля крупности песка

Зерновой состав песка оказывает существенное влияние на качество бетона. В тяжелом бетоне песок заполняет пустоты между зернами крупного заполнителя, а пустоты между зернами песка должны быть заполнены цементным тестом. Цементным тестом обволакиваются также зерна песка. Лучшим является песок с минимальной пустотностью и меньшей суммарной поверхностью частиц. Он наиболее экономичен.

Песок по зерновому составу делят на пять групп.

Песок природный и из отсевов дробления подразделяют на следующие группы: повышенной крупности, крупный, средний, мелкий и очень мелкий.

Обогащенный природный песок подразделяют на следующие группы: повышенной крупности, крупный, средний и мелкий.

Обогащенный песок из отсевов дробления подразделяют на следующие группы: повышенной крупности, крупный и средний.

Группа песка определяется по модулю крупности и полному остатку на сите с сеткой № 063, которые должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 3.4.

Т а б л и ц а 3.4. Зерновой состав песка

| Группа песка | Модуль крупности $M_{кр}$ | Полный остаток на сите № 063, % по массе |
|----------------------|---------------------------|--|
| Повышенной крупности | Свыше 3 до 3,5 | Свыше 65 до 75 |
| Крупный | Свыше 2,5 до 3,0 | Свыше 45 до 65 |
| Средний | Свыше 2,0 до 2,5 | Свыше 30 до 45 |
| Мелкий | Свыше 1,5 до 2,0 | Свыше 10 до 30 |
| Очень мелкий | Свыше 1,0 до 1,5 | До 10 |

Если песок по модулю крупности относится к одной группе, а по полному остатку на сите № 063 – к другой, то определяющим показателем является модуль крупности. В паспорте же на песок указывают остаток на сите № 063.

Крупный песок имеет небольшую суммарную поверхность зерен, но значительную пустотность, мелкий – большую суммарную поверхность зерен и малую пустотность. Модуля крупности недостаточно для оценки качества песка по зерновому составу. Хорошим считается песок с оптимальным содержанием зерен разных размеров, он обычно имеет пустотность не выше 38 %.

Качество песка оценивают путем построения графика зернового состава, приведенного на рис. 3.1.

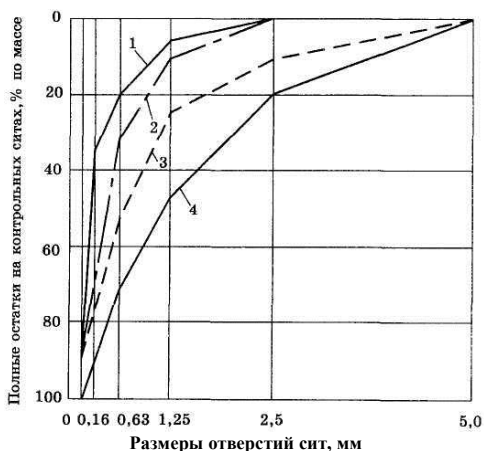


Рис. 3.1. График зернового состава песка:

- 1 – допускаемая нижняя граница крупности песка (модуль крупности – 1,5);
- 2 – рекомендуемая нижняя граница крупности песка (модуль крупности – 2,0) для бетонов класса В15 и выше, а также для бетонов безнапорных бетонных и железобетонных труб;
- 3 – рекомендуемая нижняя граница крупности песка (модуль крупности – 2,5) для бетонов классов В22,5 и выше, а также для бетонов напорных и низконапорных железобетонных труб;
- 4 – допускаемая верхняя граница крупности песка (модуль крупности – 3,25)

Лучшим для бетона является средний песок. Он имеет относительно небольшую развернутую суммарную площадь зерен и оптимальный зерновой состав. Очень мелкий песок ($M_{кр}$ свыше 1,0 до 1,5) для бетонов применять не рекомендуется. Его можно использовать в районах, где отсутствуют пески с $M_{кр}$ свыше 1,5 в смеси с укрупняющей добавкой.

В песке для бетона ограничивается количество частиц меньше 0,16 мм и крупнее 5 мм.

Содержание зерен, проходящих через сито с сеткой № 016, по массе не должно превышать:

- в песках природном и из отсевов дробления повышенной крупности, крупном и среднем – 10 %;
- то же, в мелком и очень мелком – 15 %;
- в обогащенном песке повышенной крупности, крупном и среднем – 5 %;
- то же, в мелком – 10 %;

– в обогащенном песке из отсевов дробления – 5 %.

Наличие зерен размером свыше 5 мм по массе не должно превышать:

– в природном песке – 10 %;

– в песке из отсевов дробления – 15 %;

– в обогащенном песке и в обогащенном песке из отсевов дробления – 5 %.

Содержание зерен размером свыше 10 мм не должно превышать 0,5 % в песках всех видов.

Для бетонов гидротехнических сооружений можно применять пески с $M_{кр}$ от 1,5 до 3,5 оптимального зернового состава с полными остатками на сите с отверстиями 2,5 мм от 0 до 30 %, 1,25 мм – от 5 до 55 %, 0,63 мм – от 20 до 75 %, 0,315 мм – от 40 до 90 % и 0,16 мм – от 85 до 100 %. При применении мелких песков с $M_{кр}$ от 1,5 до 2,0 в бетонные смеси следует вводить поверхностно-активные добавки.

Оборудование и материалы: проба песка массой 2 кг; стандартный набор сит с отверстиями размером 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм с поддоном; технические весы; вибростол; сушильный шкаф.

Проведение испытаний. Отвешивают пробу песка массой 2 кг, предварительно высушенного до постоянной массы, и просеивают через сита с отверстиями диаметром 10 и 5 мм. Вычисляют остатки на этих ситах $Гр_{10}$ и $Гр_5$ по массе с точностью до 0,1 % по формулам:

$$Гр_{10} = \frac{M_{10}}{M} 100; \quad (3.5)$$

$$Гр_5 = \frac{M_5}{M} 100, \quad (3.6)$$

где M_{10} и M_5 – остатки на ситах, %;

M – масса пробы, г.

Из песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, берут навеску в 1000 г и просеивают через стандартный набор сит с отверстиями 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм, расположенных в последовательности по мере уменьшения отверстий.

Вычисляют остатки на этих ситах, которые называются частными, по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100, \quad (3.7)$$

где a_i – частные остатки на ситах, %;
 m_i – масса остатка на данном сите, г;
 m – масса просеиваемой навески, г.

Затем с той же точностью определяют полные остатки A_i в процентах по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,16}, \quad (3.8)$$

где A_i – полные остатки, %;
 $a_{2,5}, a_{1,25}, \dots, a_i$ – частные остатки на ситах, %.
 Модуль крупности определяют по формуле

$$M_{кр} = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100, \quad (3.9)$$

где $M_{кр}$ – модуль крупности;
 $A_{2,5}, A_{1,25}, A_{0,63}, A_{0,315}, A_{0,16}$ – полные остатки на ситах, %.
 Результаты испытания записывают в табл. 3.5.

Т а б л и ц а 3.5. Данные ситового анализа песка

| Размер отверстий сит, мм | Остатки на ситах, г | Частные остатки a_i , % | Полные остатки A_i , % |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2,5 | | | |
| 1,25 | | | |
| 0,63 | | | |
| 0,315 | | | |
| 0,16 | | | |
| Прошло через сито с отверстиями 0,16 | | | |

Модуль крупности песка $M_{кр} =$ _____

Для графического изображения зернового состава песка по оси абсцисс (см. рис. 3.1) откладывают размеры отверстий сит, а по оси ординат – полные остатки на соответствующих ситах в процентах. Полученные точки соединяют ломаной линией, сравнивают с граничными линиями, приведенными на рисунке, и таким образом оценивают возможность применения песка для бетонов разных классов (марок) и видов.

При определении зернового состава фракционированного песка результаты испытания записывают в виде таблицы. Модуль крупности для него не определяется.

3.5. Определение содержания глины в комках, пылевидных и глинистых частиц

Частицы мельче 0,05 мм относят к пылевидным и глинистым. Они обволакивают зерна песка и препятствуют его сцеплению с цементным камнем и повышают водопотребность бетонной смеси. Все это приводит к понижению прочности и морозостойкости бетона.

При повышении содержания пылевидных и глинистых частиц в песке на 1...3 % увеличивается расход цемента на 1...7 %. Причем чем выше класс бетона, тем больше расход цемента.

Содержание пылевидных и глинистых частиц, в том числе глины в комках, в песке для тяжелого бетона не должно превышать значений, приведенных в табл. 3.6.

Т а б л и ц а 3.6. Допустимое содержание пылевидных и глинистых частиц в песке

| Вид песка | Содержание пылевидных и глинистых частиц, определяемое отмучиванием | В том числе содержание глины в комках |
|--|---|---------------------------------------|
| | | |
| Природный: повышенной крупности, крупный и средний | 3 | 0,5 |
| | мелкий и очень мелкий | 5 |
| Обогащенный природный: крупный и средний | 2 | 0,25 |
| | мелкий | 3 |
| Из отсевов дробления | 5 | 0,5 |
| Обогащенный из отсевов дробления | 3 | 0,35 |

3.5.1. Определение содержания глины в комках

Сущность работы заключается в отделении из песка частиц мельче 0,05 мм. Содержание глины в комках определяют в песке с частными остатками более 5 % по массе на ситах с отверстиями 2,5 и 1,25 мм.

Оборудование и материалы: проба песка массой 100 г; вода; технические весы; сушильный шкаф; сита с отверстиями 5; 2,5; 1,25 мм; лупа минералогическая; стальная игла; металлический или стеклянный лист.

Проведение испытаний. Пробу песка высушивают до постоянной массы, а затем просеивают через сито с отверстиями 5 мм. Из нее бе-

рут 100 г песка и рассеивают на две фракции: 2,5...5 и 1,25...2,5 мм. От фракции 2,5...5 мм отвешивают 5 г, а от фракции 1,25...2,5 мм – 1 г песка, рассыпают тонким слоем на стеклянный или металлический лист и увлажняют. При помощи стальной иглы отделяют комки глины от зерен песка в каждой фракции, применяя при необходимости лупу. Глину и оставшийся песок высушивают до постоянной массы. Содержание глины в комках в каждой навеске песка определяют по следующим формулам:

$$Гл_{2,5} = \frac{m}{m + m_1} 100; \quad (3.10)$$

$$Гл_{1,25} = \frac{m_2}{m_2 + m_3} 100, \quad (3.11)$$

где $Гл_{2,5}$ и $Гл_{1,25}$ – содержание глины в комках, %;

m и m_2 – масса комков глины, г;

m_1 и m_3 – масса зерен песка, г.

Содержание комков глины в пробе песка вычисляют по формуле

$$Гл = (Гл_{2,5} a_{2,5} + Гл_{1,25} a_{1,25}), \quad (3.12)$$

где $Гл$ – содержание комков глины в пробе песка, %;

$a_{2,5}$ и $a_{1,25}$ – частные остатки на ситах с отверстиями диаметром 2,5 и 1,25 мм, вычисленные при определении зернового состава пробы, %.

3.5.2. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц отмучиванием

Оборудование и материалы: проба песка массой 1 кг; весы технические; шкаф сушильный; сито с отверстиями 5 мм; сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм; секундомер или песочные часы.

Проведение испытаний. Из пробы высушенного до постоянной массы и просеянного через сито с отверстиями диаметром 5 мм песка отвешивают 1000 г и высыпают в сосуд для отмучивания (рис. 3.2). Заливают песок водой до уровня выше поверхности на 200 мм и выдерживают в течение 2 ч, периодически перемешивая. Природные пески с плотно сцементированными глиной зернами выдерживают в воде не менее суток. Затем содержимое сосуда энергично перемешивают, дают отстояться в течение 2 мин и сливают воду. Далее опять налива-

ют чистую воду, перемешивают, дают отстояться 2 мин и вновь сливают. Эти операции повторяют до тех пор, пока вода не станет прозрачной.

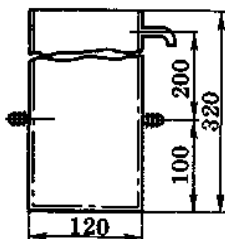


Рис. 3.2. Сосуд для отмучивания песка

При применении сосуда для отмучивания песка слив суспензии производится через нижние отверстия. При сливе через сифон конец его должен быть на расстоянии не менее 30 мм от поверхности песка. Затем промытый песок высушивают до постоянной массы и взвешивают.

Содержание в песке мелких пылевидных и глинистых частиц, полученных отмучиванием, в процентах по массе вычисляют по формуле

$$P_{\text{отм}} = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (3.13)$$

где $P_{\text{отм}}$ – содержание в песке мелких пылевидных и глинистых частиц, %;

m – масса песка до промывки, г;

m_1 – масса песка после промывки, г.

Результаты испытания записывают в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Определение глинистых частиц

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| Масса песка до промывки m , г | |
| Масса песка после промывки m_1 , г | |
| Количество пылевидных и глинистых частиц $P_{\text{отм}}$, % | |

3.6. Определение содержания органических примесей

Наличие органических примесей в песке отрицательно влияет на технические свойства бетона. Это объясняется тем, что примеси содержат в своем составе органические кислоты, которые разрушают цементный камень и тем самым понижают качество бетона.

Оборудование и материалы: проба песка массой 250 г; этиловый спирт; танин; едкий натр; колба с притертой пробкой; технические весы; два мерных цилиндра вместимостью 250 мл с внутренним диаметром от 36 до 40 мм; водяная баня.

Подготовка к испытаниям. Содержание примесей определяют колориметрическим методом, для чего испытуемую пробу сравнивают с эталоном. Эталон готовят следующим образом: берут 1%-ный раствор этилового спирта, добавляют к нему 2%-ный раствор танина и затем смешивают с 3%-ным раствором едкого натра (5 мл раствора танина на 195 мл раствора едкого натра). Приготовленный раствор взбалтывают, наливают в колбу с притертой пробкой и оставляют на 24 ч. Ярко-желтый цвет эталона является образцовым. Эталон должен применяться свежеприготовленным.

Проведение испытаний. Из средней пробы песка естественной влажности берут навеску массой около 250 г и насыпают в мерный цилиндр вместимостью 250 мл до отметки 130 мл. Затем доливают 3%-ный раствор едкого натра до уровня 200 мл. Содержимое перемешивают и оставляют на 24 ч, повторяя перемешивание через 4 ч после начала испытания, после чего сравнивают цвет жидкости над песком с цветом эталона. Если жидкость над песком не окрашена или ее цвет заметно светлее эталона, в этом случае песок считается пригодным для бетона.

Если жидкость под песком незначительно светлее эталона, тогда содержимое сосуда подогревают в течение 2...3 ч на водяной бане при температуре 60...70 °С и вновь сравнивают с цветом эталона. При более темном цвете жидкости над песком по сравнению с эталоном полагают, что песок содержит органические примеси в количестве больше допустимого. В этом случае песок проверяют испытанием в бетоне, для чего изготавливают партию образцов на исходном песке и контрольную партию на песке, промытом вначале известковым молоком, а затем водой. Сравнивая результаты предела прочности обеих групп образцов, принимают окончательное решение о пригодности песка для бетона.

Глава 4. ИСПЫТАНИЯ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНОВ (ГОСТ 8269)

Щебень и гравий представляют собой рыхлую смесь зерен размером от 5 (3) до 150 мм. Щебень получают дроблением плотных горных пород. Он имеет угловатую форму. Гравий образовался выветриванием горных пород и имеет окатанную форму. Часто он залегает вместе с песком. При содержании песка 25...40 % материал называется гравийно-песчаной смесью.

Для бетона классов до В25 лучшим заполнителем является гравий, причем чем ниже класс бетона, тем эффективнее применение гравия. Это объясняется тем, что гравий имеет гладкую поверхность и водопотребность бетонной смеси на нем меньше.

Для бетонов классов выше В30 целесообразнее применять щебень. Влияние формы зерен здесь сглаживается. Преобладающим фактором становится величина сцепления заполнителя с цементным камнем. Применение гравия в таком бетоне может снизить его прочность на 10...20 %.

4.1. Определение влажности щебня (гравия)

Оборудование и материалы: средняя проба щебня (гравия) массой 2 кг при размере фракции 5...10 мм, 4 кг – 10...20 мм, 10 кг – 20...40 мм, 20 кг – 40 мм и 40 кг от фракций с крупностью зерен свыше 70 мм; весы технические; шкаф сушильный; сосуды.

Проведение испытаний. Берут пробу щебня (гравия) в количестве 0,5 кг при его наибольшей крупности D до 10 мм, 1 кг при D до 20 мм, 2,5 кг при D до 40 мм, 5 кг при D до 70 мм и 10 кг при D свыше 70 мм. Высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

Обработка результатов. Влажность щебня (гравия) $W_{щ(гр)}$ в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W_{щ(гр)} = \frac{m_b - m_c}{m_c} 100, \quad (4.1)$$

где $W_{щ(гр)}$ – влажность щебня (гравия), %;

m_b – масса пробы влажного щебня (гравия), г;

m_c – масса пробы сухого щебня (гравия), г.

Результаты испытаний записывают в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Определение влажности

| Показатель | Значение |
|---|----------|
| Масса пробы влажного щебня (гравия) $m_{в}$, г | |
| Масса пробы сухого щебня (гравия) m_c , г | |
| Влажность щебня (гравия) $W_{щ(гр)}$, % | |

4.2. Определение истинной плотности зерен щебня (гравия)

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 2 кг при размере фракции 5...10 мм, 4 кг – 10...20 мм, 10 кг – 20...40 мм, 20 кг – 40...70 мм; щетка металлическая; металлическая пластинка и молоток; весы технические и лабораторные; сита с отверстиями 5 и 2,5 мм; стаканчик или чашка для взвешивания; шкаф сушильный; прибор Ле Шателье; стеклянная воронка; эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой.

Подготовка к испытаниям. Отбирают пробу щебня (гравия) массой 0,5 кг при наибольшей крупности зерен $D = 10$ мм, 1 кг при $D = 20$ мм, 2,5 кг при $D = 40$ мм, 5 кг при $D = 70$ мм и более. Зерна очищают от пыли щеткой, дробят до размеров 5 мм, сокращают квартованием до 150 г и затем повторно измельчают до размера 1,25 мм. Из приготовленной пробы отбирают две навески массой по 50 г и истирают в чугунной или фарфоровой ступе в порошок, затем высушивают в сушильном шкафу при температуре 105...110 °С до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе.

Проведение испытаний. Определение истинной плотности выполняют с помощью прибора Ле Шателье. Прибор наполняют водой до нижней нулевой риски и всыпают через воронку истертый в порошок щебень (гравий) до тех пор, пока уровень воды не поднимется до риски с делением 20 см³. Для удаления пузырьков воздуха объеметр следует поворачивать вокруг вертикальной оси.

Обработка результатов. Остаток измельченной пробы взвешивают и определяют истинную плотность порошка по формуле

$$\rho_{щ(гр)} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (4.2)$$

где $\rho_{щ(гр)}$ – истинная плотность щебня (гравия), г/см³;

m_1 – масса высушенной навески порошка щебня (гравия), г;

m – масса остатка, г;

V – объем порошка, равный объему вытесненной воды, см³.

Испытания выполняют два раза. Расхождение между результатами не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$. При большем расхождении выполняют определение истинной плотности третий раз и вычисляют среднее арифметическое значение из двух ближайших. Результаты испытаний записывают в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2. **Определение истинной плотности**

| Показатель | Номер испытания | |
|--|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса высушенной навески m_1 , г | | |
| Масса остатка m , г | | |
| Объем порошка, равный объему вытесненной воды, V , см^3 | | |
| Истинная плотность каждой навески порошка щебня $\rho_{\text{нщ(гр)}}$, г/см^3 | | |
| Средняя истинная плотность щебня (гравия) $\rho_{\text{нщ(гр)}}$, г/см^3 | | |

4.3. Определение насыпной плотности щебня (гравия)

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 10 кг при размере фракций 5...10, 10...20, 20...40 мм; массой 20 кг при размере фракций 40...70 мм и более; весы технические; шкаф сушильный; цилиндры мерные вместимостью 5; 10; 20 и 50 л.

Проведение испытаний. Насыпную плотность щебня (гравия) определяют взвешиванием определенного объема щебня (гравия) в мерном цилиндре. При D щебня (гравия) до 10 мм берут мерный цилиндр объемом 5 л, при $D = 20$ мм – 10 л, при $D = 40$ мм – 20 л, при D свыше 40 мм – 50 л.

Щебень (гравий) высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С и всыпают с избытком до образования конуса с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный цилиндр. Затем конус срезают вровень с краями цилиндра и взвешивают цилиндр вместе с материалом.

Насыпную плотность щебня (гравия) с точностью до $0,01 \text{ г/см}^3$ вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{нщ(гр)}} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (4.3)$$

где $\rho_{\text{нщ(гр)}}$ – насыпная плотность щебня (гравия), г/см^3 ;

m_1 – масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), г;

m – масса мерного цилиндра, г;

V – объем мерного цилиндра, см^3 .

Опыт повторяют два раза на новой порции материала. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений. Результат испытаний записывают в табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3. **Определение насыпной плотности**

| Показатель | Номер испытания | |
|---|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса мерного цилиндра m , г | | |
| Масса мерного цилиндра со щебнем (гравием) m_1 , г | | |
| Объем мерного цилиндра V , см ³ | | |
| Насыпная плотность определенного объема щебня (гравия) $\rho_{\text{нщ(г)}}$, г/см ³ | | |
| Среднее значение насыпной плотности $\rho_{\text{нщ(г)}}$, Г/см ³ | | |

4.4. Определение средней плотности зерен щебня (гравия)

Щебень и гравий должны иметь среднюю плотность зерен от 2 до 2,8 г/см³. Для бетона зоны переменного уровня воды гидротехнических сооружений следует применять крупный заполнитель с ρ_c не ниже 2,5 г/см³, для бетона подводной и надводной зоны – не ниже 2,3 г/см³.

Оборудование и материалы: средняя проба щебня (гравия) массой 10 кг при размере фракций 5...10, 10...20 и 20...40 мм, 20 кг при размере фракции 40...70 мм; весы технические с приспособлением для гидростатического взвешивания; шкаф сушильный; сосуд для насыщения щебня (гравия) водой; перфорированный контейнер; стандартный набор сит; щетка металлическая; молоток; металлическая пластинка; часы; вода; мягкая ткань.

Проведение испытаний. Отбирают пробу щебня (гравия) массой 2,5 кг при его наибольшей крупности до 40 мм и 5 кг при D крупнее 40 мм. Зерна крупнее 40 мм дробят до получения частиц размером не более 40 мм и пробу сокращают вдвое.

Пробу высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу и просеивают через сито с отверстиями, соответствующими наименьшему размеру фракции, после чего отвешивают две навески массой по 1000 г каждая. Среднюю плотность щебня (гравия) определяют методом гидростатического взвешивания в перфорированном контейнере (рис. 4.1).

Вначале пустой контейнер взвешивают на воздухе (m_2), а затем в воде (m_3) на весах для гидростатического взвешивания. Потом в сухой контейнер всыпают 1000 г щебня (гравия), взвешивают вместе с кон-

тейнером на воздухе (m_1) и контейнер со щебнем (гравием) погружают в сосуд с водой на 2 ч. для водонасыщения. Уровень воды должен быть выше уровня щебня (гравия) не менее чем на 20 мм. После водонасыщения щебень (гравий) взвешивают в контейнере на гидростатических весах в воде (m_4), потом вынимают из воды, высыпают, удаляют влагу с поверхности зерен мягкой влажной тканью, всыпают опять в контейнер и взвешивают (m_3).

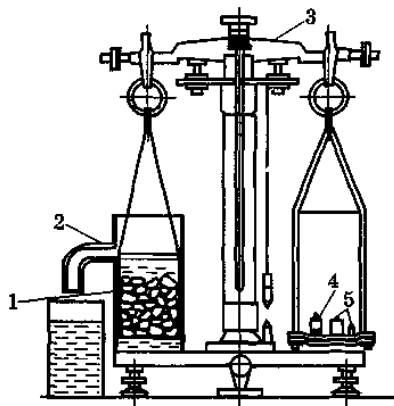


Рис. 4.1. Весы для гидростатического взвешивания щебня (гравия): 1 – сетчатый стакан; 2 – сосуд со сливом для воды; 3 – коромысло; 4 – стаканчик с дробью; 5 – разновесы

Обработка результатов. Среднюю плотность зерен щебня (гравия) вычисляют по формуле

$$\rho_c = \frac{m}{m' - m''} \rho_v = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_3 - m_2) - (m_4 - m_5)} \rho_v, \quad (4.4)$$

где ρ_c – средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см³;

m – масса сухого щебня (гравия), г;

m' – масса щебня (гравия), насыщенного водой, взвешенного в воздухе, г;

m'' – масса щебня (гравия), насыщенного водой, взвешенного в воде, г;

ρ_v – плотность воды, г/см³;

m_1 – масса контейнера со щебнем (гравием), взвешенного в воздухе, г;

- m_2 – масса пустого контейнера, взвешенного в воздухе, г;
 m_3 – масса щебня (гравия), насыщенного водой, с контейнером, взвешенных в воздухе, г;
 m_4 – масса контейнера со щебнем (гравием) после водонасыщения, взвешенных в воде, г;
 m_5 – масса пустого контейнера, взвешенного в воде, г.

Испытания выполняют дважды на новой навеске щебня (гравия). Среднюю плотность вычисляют как среднее арифметическое значение из двух испытаний. При этом расхождение не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$. При больших расхождениях производят третье определение и вычисляют среднее арифметическое из двух ближайших. Результаты испытания записывают в табл. 4.4.

Т а б л и ц а 4.4. **Определение средней плотности**

| Показатель | Номер испытания | |
|--|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса сухого щебня (гравия) m , г | | |
| Масса щебня (гравия), насыщенного водой, взвешенного в воздухе, m' , г | | |
| Масса щебня (гравия), насыщенного водой, взвешенного в воде, m'' , г | | |
| Плотность воды ρ_w , г/см^3 | | |
| Масса контейнера с сухим щебнем (гравием), взвешенного в воздухе, m_1 , г | | |
| Масса пустого контейнера, взвешенного в воздухе, m_2 , г | | |
| Масса щебня (гравия), насыщенного водой, с контейнером, взвешенного в воздухе, m_3 , г | | |
| Масса контейнера со щебнем (гравием) после водонасыщения, взвешенного в воде, m_4 , г | | |
| Масса пустого контейнера, взвешенного в воде, m_5 , г | | |
| Средняя плотность зерен навески щебня (гравия) $\rho_{\text{сш(гр)}}$, г/см^3 | | |
| Средняя плотность зерен щебня (гравия) $\rho_{\text{сш(гр)}}$, г/см^3 | | |

Пористость зерен щебня (гравия) можно также вычислять по ранее определенной истинной плотности и средней плотности зерен по формуле

$$\Pi_{\text{щ(гр)}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{сш(гр)}}}{\rho_{\text{ищ(гр)}}}\right) 100, \quad (4.5)$$

где $\Pi_{\text{щ(гр)}}$ – пористость щебня (гравия), %;

$\rho_{\text{сш(гр)}}$ – средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см³;
 $\rho_{\text{нш(гр)}}$ – истинная плотность зерен щебня (гравия), г/см³.

Пустотность щебня (гравия) вычисляют по ранее определенной насыпной плотности и средней плотности зерен щебня (гравия) по формуле

$$\Pi_{\text{ш(г)}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{с}}}\right) 100, \quad (4.6)$$

где $\Pi_{\text{ш(г)}}$ – пустотность щебня (гравия), %;

$\rho_{\text{н}}$ – насыпная плотность щебня (гравия), г/см³;

$\rho_{\text{с}}$ – средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см³.

Пустотность качественного щебня не должна превышать 44 %.

4.5. Определение водопоглощения щебня (гравия)

Оборудование и материалы: средняя проба щебня (гравия) массой 2 кг при размере фракции 5...10 мм, 4 кг – 10...20 мм, 10 кг – 20...40 мм, 20 кг – 40...70 мм и 40 кг при размере фракции более 70 мм; технические весы; шкаф сушильный; сосуд для насыщения щебня (гравия) водой; щетка металлическая; мягкая ткань.

Проведение испытаний. Из высушенной до постоянной массы и при необходимости очищенной от рыхлых частиц и пыли средней пробы берут навески щебня (гравия) массой 0,5 кг при наибольшей его крупности D до 10 мм, 1 кг при D до 20 мм, 2,5 кг при D до 40 мм, 5 кг при D до 70 мм, 10 кг при D свыше 70 мм. Помещают в сосуд с водой комнатной температуры с таким расчетом, чтобы ее уровень был выше поверхности щебня (гравия) не менее чем на 20 мм, и выдерживают в течение 48 ч. Затем пробу вынимают из сосуда, протирают зерна мягкой тканью и взвешивают. Вода, вытекшая из зерен щебня (гравия), включается в массу пробы.

Обработка результатов. Водопоглощение в процентах по массе вычисляют по формуле

$$W_{\text{погл}} = \frac{m_1 - m}{m} 100, \quad (4.7)$$

где $W_{\text{погл}}$ – водопоглощение по массе, %;

m_1 – масса пробы щебня (гравия), насыщенного водой, г;

m – масса пробы сухого щебня (гравия), г.

Результаты испытания записывают в табл. 4.5.

Т а б л и ц а 4.5. **Определение водопоглощения**

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Масса пробы сухого щебня (гравия) m , г | |
| Масса пробы щебня (гравия), насыщенного водой, m_1 , г | |
| Водопоглощение щебня (гравия) $W_{\text{погл}}$, % | |

4.6. Определение зернового состава щебня (гравия)

Щебень (гравий) для бетона выпускают в виде фракций с размерами зерен от 5 до 10 или от 3 до 10 мм, от 10 до 20, от 20 до 40, от 40 до 70 и от 70 до 120 мм. Допускается выпускать щебень (гравий) в виде смеси фракций от 5 до 20 или от 3 до 20 мм.

При отсеиве на фракции полные остатки на контрольных ситах в процентах по массе для щебня (гравия) фракций от 5 (3) до 10 мм, от 10 до 20, от 20 до 40, от 40 до 70 мм, а также смеси фракций 5 (10)...40 и 20...70 мм должны находиться в пределах, указанных в табл. 4.6.

Т а б л и ц а 4.6. **Зерновой состав щебня (гравия)**

| Диаметр отверстий контрольных сит, мм | d | $0,5(d + D)$ | D | $1,25D$ |
|---------------------------------------|----------|--------------|--------|---------|
| Полные остатки на ситах, % по массе | 90...100 | 30...80 | 0...10 | 0...0,5 |

При отсеиве щебня (гравия) фракций 5...10 и 3...10 мм полные остатки на ситах с отверстиями размером соответственно 2,5 и 1,25 мм должны быть по массе в пределах от 95 до 100 %.

Полные остатки на контрольных ситах при отсеиве щебня (гравия) фракций от 5 (3) до 20 мм должны соответствовать указанным в табл. 4.7.

Т а б л и ц а 4.7. **Зерновой состав щебня (гравия)**

| Диаметр отверстий контрольных сит, мм | 5 (3) | 10 | 20 | 25 |
|---------------------------------------|----------|---------|--------|---------|
| Полные остатки на ситах, % по массе | 95...100 | 55...75 | 0...10 | 0...0,5 |

Для щебня (гравия) фракций от 70 до 120 и от 120 до 150 мм полные остатки на ситах должны соответствовать указанным в табл. 4.6.

При назначении зернового состава щебня (гравия) исходят из условия, чтобы плотность укладки зерен была наибольшей. Пустотность

щебня (гравия) не должна превышать 44 %. Это достигается тогда, когда в заполнителе содержится оптимальное количество зерен разных размеров. Поэтому применять щебень (гравий) в бетонах следует в виде смеси фракций в соотношении, приведенном в табл. 4.8.

Т а б л и ц а 4.8. Содержание фракций в крупном заполнителе, %

| Наибольшая крупность D , мм | Фракции, мм | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------|---------|---------|----------|
| | 5...10 | 10...20 | 20...40 | 40...70 | 70...120 |
| 20 | 25...40 | 60...75 | – | – | – |
| 40 | 15...25 | 20...35 | 40...65 | – | – |
| 70 | 10...20 | 15...25 | 20...35 | 35...55 | – |
| 120 | 5...10 | 10...20 | 15...25 | 20...30 | 30...40 |

4.6.1. Определение зернового состава щебня (гравия) данной фракции

Оборудование и материалы: средняя проба щебня (гравия) массой 20 кг для фракции 5...10 мм, 40 кг – 10...20 мм, 80 кг – 20...40 мм, 120 кг – 40...70 мм, 200 кг – свыше 70 мм; шкаф сушильный; весы технические; сита с размерами отверстий, соответствующими номинальным размерам зерен данной фракции – $1,25D$, D , $0,5(D + d)$, d ; сита с отверстиями 2,5 и 1,25 мм соответственно при испытании щебня (гравия) фракций 5...10 и 3...10 мм.

Проведение испытаний. Из предварительно высушенной до постоянной массы средней пробы щебня (гравия) берут пробу массой 5 кг для фракции 5...10 мм, 10 кг – 10...20 мм, 20 кг – 20...40 мм, 30 кг – 40...70 мм, 50 кг для пробы фракции более 70 мм и просеивают через четыре сита с отверстиями размером $1,25D$, D , $0,5(D + d)$, d , составленных по мере уменьшения отверстий. Вычисляют частные и полные остатки на каждом сите в процентах от массы всей пробы. Полученные данные записывают в табл. 4.9.

Т а б л и ц а 4.9. Результаты просеивания щебня (гравия) фракций 5 (3)...10, 10...20, 20...40, 40...70 мм и смеси фракций 5 (10)...40 и 20...40 мм

| Размеры отверстий контрольных сит, мм | Остатки на ситах, г | Частные остатки, % | Полные остатки, % |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| $1,25D$ | | | |
| D | | | |
| $0,5(D + d)$ | | | |
| d | | | |
| 2,5 для фракции 5...10 мм | | | |
| 1,25 для фракции 3...10 мм | | | |

При испытании смеси фракций 5 (3)...20 мм пробу щебня (гравия) массой 10 кг просеивают через сита с отверстиями 25, 20, 10, 5 (3) мм и определяют на них частные и полные остатки в процентах. Полученные результаты записывают в табл. 4.10.

Т а б л и ц а 4.10. Результаты просеивания щебня (гравия) фракций 5 (3)...20 мм

| Размеры отверстий контрольных сит, мм | Остатки на ситах, г | Частные остатки, % | Полные остатки, % |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| 25 | | | |
| 20 | | | |
| 10 | | | |
| 5 (3) | | | |

Результаты испытания сравнивают с данными табл. 4.6 и 4.7 и делают вывод о качестве щебня (гравия) по зерновому составу.

4.6.2. Определение зернового состава щебня смеси фракций 5 (10)...40 и 20...70 мм

Оборудование и материалы: проба щебня массой 80 кг для фракций 5 (10)...40 мм и 120 кг – 20...70 мм; шкаф сушильный; весы технические; сита с размерами отверстий 70, 40, 20, 10 и 5 мм из стандартного набора; сита для определения средней крупности с размерами отверстий 45, 25 и 22,5 мм и сита для определения крупности с размерами отверстий 1,25, 2,5 и 5 мм.

Проведение испытаний. Из предварительно высушенной до постоянной массы средней пробы щебня берут пробу массой 20 кг для фракций 5 (10)...40 мм и 30 кг – 20...70 мм и просеивают через набор сит, составленных в последовательности по мере уменьшения размера их отверстий. Вычисляют частные и полные остатки на каждом сите в процентах. По полным остаткам определяют наибольшую крупность зерен D , наименьшую d и среднюю $0,5(D + d)$.

За наибольшую крупность зерен щебня D принимают размер отверстий верхнего сита, полный остаток на котором не превышает 10 %, за наименьшую крупность d принимают размер отверстий нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 90 %.

Полученные данные записывают в табл. 4.11.

Т а б л и ц а 4.11. **Зерновой состав щебня смеси фракций 10...40 мм**

| Размеры отверстий сит, мм | Остатки, г | Частные остатки, % | Полные остатки, % |
|-----------------------------------|------------|-----------------------|----------------------|
| 70 | — | — | 0 |
| 40 | 1200 | 6 | 6 |
| 25 | 9800 | 49 | 55 |
| 20 | 600 | 3 | 58 |
| 10 | 7800 | 39 | 97 |
| 5 | 400 | 2 | 99 |
| Прошло через сито с отверстиями 5 | 200 | 1 | 100 |

Зерновой состав должен находиться в интервале, приведенном в табл. 4.6.

Пример. Определить зерновой состав щебня смеси фракций 10...40 мм.

Берем навеску щебня 20 кг и просеиваем через набор сит с отверстиями 70, 40, 25, 20, 10 и 5 мм. Вычисляем частные и полные остатки и записываем в табл. 4.11.

Определяем наибольшую D , наименьшую d и среднюю $0,5(D + d)$ крупности щебня.

Наибольшая крупность щебня D будет равна 40 мм, так как полный остаток на сите с отверстиями диаметром 40 мм составил 6 %, что меньше 10 %. Наименьшая крупность щебня d равна 10 мм, так как полный остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм составил 97 %, что больше допустимого значения 90 %.

Средняя крупность $0,5(D + d)$ составила $0,5 \cdot (40 + 10) = 25$ мм с полным остатком на сите 55 %.

Полученные данные сравниваем со значениями, приведенными в табл. 4.6. Делаем вывод: щебень имеет оптимальный зерновой состав.

Для наглядности зерновой состав щебня можно изобразить графически (рис. 4.2).

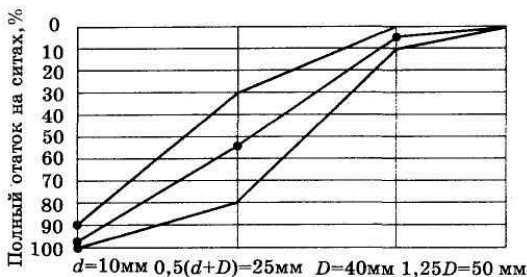


Рис. 4.2. График зернового состава щебня

4.6.3. Определение зернового состава нефракционного гравия

Оборудование и материалы: проба гравия массой 20 кг при наибольшей крупности D до 10 мм, 40 кг при D до 20 мм, 30 кг при D до 40 мм, 120 кг при D до 70 мм и 200 кг при D свыше 70 мм; весы технические; шкаф сушильный; необходимые сита из стандартного набора (стандартный набор включает сита с диаметром отверстий 3; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60 и 70 мм); сито с сеткой № 016; калибры проволочные круглые диаметром 90; 100; 110; 120 мм и более в зависимости от предельной крупности зерен испытуемого материала.

Проведение испытаний. Из предварительно высушенной до постоянной массы средней пробы гравия берут навеску массой 5 кг при наибольшей его крупности D до 10 мм, 10 кг при D до 20 мм, 20 кг при D до 40 мм, 30 кг при D до 70 мм и 50 кг при D свыше 70 мм и просеивают через стандартный набор сит, составленных в порядке уменьшения отверстий. Последним должно быть сито с сеткой № 016. Пробу просеивают полностью или по частям и одновременно промывают водой. Толщина слоя на каждом сите не должна превышать наибольший размер зерен гравия. Частицы, прошедшие через сито с сеткой № 016, отбрасывают. Остатки на ситах высушивают до постоянной массы и взвешивают. Эти остатки называют частными. Затем определяют массу просеянного гравия как сумму частных остатков на ситах в граммах:

$$\sum m = m_{0,16} + m_3 + m_5 + \dots + m_{70}. \quad (4.8)$$

По данным испытания вычисляют частные остатки a_i в процентах по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{\sum m} 100, \quad (4.9)$$

а также полные остатки A_i , равные сумме частных остатков на данном и вышележащих ситах с отверстиями большего размера.

При наличии остатка на сите с отверстиями 70 мм при помощи калибров определяют предельный размер зерен, который необходим для построения графика.

Зерновой состав гравия с чистой поверхностью зерен и без наличия глины можно определять без промывания водой. Полученные данные записывают в табл. 4.12.

Таблица 4.12. Результаты просеивания

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|-----|-----|-----|------|
| Размеры отверстий сит, мм | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 25 | 20 | 15 | 12,5 | 10 | 7,5 | 5,0 | 3,0 | 0,16 |
| Частные остатки на ситах, г | | | | | | | | | | | | | | |
| Частные остатки a_i , % | | | | | | | | | | | | | | |
| Полные остатки A_i , % | | | | | | | | | | | | | | |

По полученным данным строят кривую просеивания, которая характеризует зерновой состав гравия.

Для построения графика по горизонтали откладывают размеры отверстий сит от 0,16 до 70 мм или более, по вертикали – полные остатки в процентах. При этом 100 % соответствует ситы с отверстиями 0,16 мм, а 3 % – ситы, полный остаток на котором равен нулю.

По данным остаткам определяют наименьшую (d) и наибольшую (D) крупность зерен.

За наименьшую и наибольшую крупности принимают крупность зерен гравия по размеру отверстий, полные остатки на которых, определенные по кривой просеивания (рис. 4.3), составляют 95 % (d) и 5 % (D). Значения округляют в большую сторону до ближайших размеров стандартных сит.

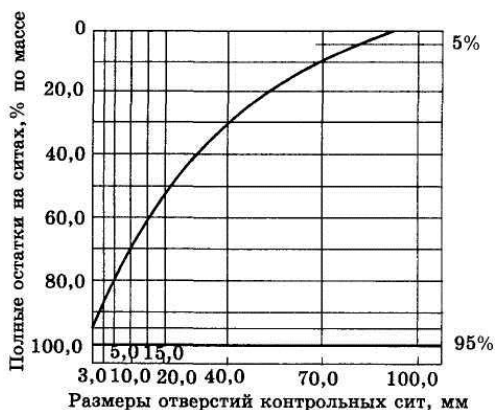


Рис. 4.3. Размеры отверстий контрольных сит, мм

4.7. Определение прочности щебня (гравия)

Прочность щебня (гравия) характеризуется маркой, определяемой по дробимости при сжатии в цилиндре, которая должна соответствовать данным, приведенным в табл. 4.13–4.15.

Т а б л и ц а 4.13. Марки щебня из природного камня по дробимости при сжатии в цилиндре (ГОСТ 8267-93)

| Марка по прочности | Потеря массы, %, после испытания щебня | | | |
|--------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | изверженных пород | | осадочных и метаморфических пород | |
| | интрузивных (глубинных) | эффузивных (излившихся) | в сухом состоянии | в насыщенном водой состоянии |
| 1400 | До 12 | До 9 | – | – |
| 1200 | 12...16 | 9...11 | До 11 | До 11 |
| 1000 | 16...20 | 11...13 | 11...13 | 11...13 |
| 800 | 20...25 | 13...15 | 13...15 | 13...15 |
| 600 | 25...34 | 15...20 | 15...19 | 15...20 |
| 400 | | | 19...24 | 20...28 |
| 300 | | | 24...28 | 28...38 |
| 200 | | | 28...35 | 38...54 |

Т а б л и ц а 4.14. Марки щебня из гравия по дробимости при сжатии в цилиндре (ГОСТ 8267-93)

| Марка по дробимости | Прочность при сжатии пород, слагающих зерна, МПа | Потеря массы, %, после испытания |
|---------------------|--|----------------------------------|
| Др8 | Свыше 100 | До 10 |
| Др12 | 80...100 | 10...14 |
| Др16 | 60...80 | 14...18 |
| Др24 | 40...60 | 18...26 |

Т а б л и ц а 4.15. Марки гравия по дробимости при сжатии в цилиндре (ГОСТ 8267-93)

| Марка по дробимости | Прочность при сжатии пород, слагающих зерна, МПа | Потеря массы, %, после испытания |
|---------------------|--|----------------------------------|
| Др8 | Свыше 100 | До 8 |
| Др12 | 80...100 | 8...12 |
| Др16 | 60...80 | 12...16 |
| Др24 | 40...60 | 16...24 |

Для тяжелого бетона следует применять щебень из изверженных горных пород марки не ниже 800, щебень из метаморфических пород марки не ниже 600 и осадочных пород марки не ниже 300, гравий и

щебень из гравия марки не ниже Др16. Марка щебня из естественного камня должна быть выше класса бетона до В20 включительно не менее чем в 1,5 раза, для бетона класса В25 и выше – не менее чем в 2 раза.

Для бетона класса В25 допускается применять щебень из карбонатных пород марки 400 при содержании зерен слабых пород не более 5 %, для бетона В45 и выше – щебень из изверженных пород марки 1200 и более.

Марки гравия и щебня из гравия по дробимости для бетона должны отвечать требованиям, приведенным в табл. 4.16.

Т а б л и ц а 4.16. Марки гравия и щебня из гравия по дробимости для бетона

| Класс бетона | Марка заполнителя |
|--------------|-------------------|
| В30 и выше | Др8 |
| В25 | Др12 |
| В20 и ниже | Др16 |

Для бетонов мостовых конструкций зоны переменного уровня воды, мостового полотна, водопропускных труб должен применяться щебень из изверженных горных пород марки не ниже 1000, из метаморфических и осадочных горных пород – марки не ниже 800. Для бетона В30 и выше следует применять гравий и щебень из гравия марки не ниже Др8, для бетона класса до В25 включительно – не ниже Др12. Для бетона зоны переменного уровня воды и подводной зоны не следует применять заполнители с коэффициентом размягчения ниже 0,8.

Для бетона железобетонных шпал следует применять щебень из изверженных пород марки не ниже 1200, из метаморфических и осадочных пород – марки не ниже 1000, гравий и щебень из гравия – марки не ниже Др8.

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 4 кг при испытании в цилиндре диаметром 75 мм и массой 32 кг при испытании в цилиндре диаметром 150 мм; пресс гидравлический с усилием до 100 или 500 кН; цилиндры стальные диаметром 75 или 150 мм со съёмным дном и плунжером; стандартный набор сит; весы технические; шкаф сушильный; сосуд для насыщения щебня (гравия) водой; сита с отверстиями 2,5 и 1,25 мм.

Проведение испытаний. Испытание щебня (гравия) на прочность выполняют в стальном цилиндре (рис. 4.4) со съёмным дном диаметром 150 и 75 мм. Испытывают фракции 5...10, 10...20 или 20...40 мм. Смесь фракций или нефракционированный материал рассеивают на отдельные фракции, крупнее 40 мм дробят на фракции 10...20 и

20...40 мм. Для текущего контроля щебня (гравия) фракций 5...10 и 10...20 мм разрешается применять цилиндр диаметром 75 мм.

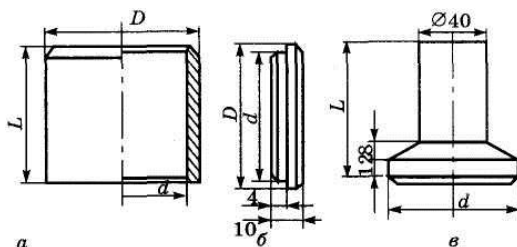


Рис. 4.4. Прибор для определения прочности щебня (гравия)

Испытание щебня (гравия) можно проводить как в сухом состоянии, так и насыщенного водой. При испытании в сухом состоянии щебень (гравий) высушивают до постоянной массы, при испытании во влажном состоянии его насыщают в воде в течение 2 ч.

Пробу щебня (гравия) предварительно просеивают через два сита, из которых отверстия верхнего соответствуют размерам наибольшей, а отверстия нижнего – наименьшей крупности испытуемой фракции. Из остатка на сите с отверстиями d отбирают навеску не менее 4 кг для испытания в цилиндре диаметром 150 мм и не менее 0,5 кг для испытания в цилиндре диаметром 75 мм.

Навеску щебня (гравия) всыпают с высоты 50 мм в цилиндр, чтобы уровень материала после разравнивания не доходил на 15 мм до края. Затем вставляют плунжер и испытывают на гидравлическом прессе со скоростью 1...2 кН в секунду, доводя давление до 200 кН при испытании в цилиндре диаметром 150 мм и до 50 кН при испытании в цилиндре диаметром 75 мм. Потом раздавленный материал просеивают через сито с отверстиями, соответствующими определенной фракции. Щебень (гравий) фракции 5...10 мм просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм, фракции 10...20 мм – 2,5 мм и фракции 20...40 мм – 5 мм.

Обработка результатов. Остаток щебня (гравия) на сите взвешивают и определяют показатель дробимости с точностью до 1 % по формуле

$$D_p = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (4.10)$$

где D_p – показатель дробимости, %;

m – масса щебня (гравия) до начала просеивания, г;

m_1 – масса щебня (гравия), оставшаяся на контрольном сите после просеивания, г.

Испытания выполняют два раза на отдельных пробах. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений.

При испытании щебня (гравия), состоящего из нескольких фракций, показатель дробимости определяют как средневзвешенные результаты испытаний отдельных фракций.

По показателю дробимости определяют марку щебня (гравия). Полученные данные записывают в табл. 4.17.

Т а б л и ц а 4.17. **Определение прочности щебня**

| Показатель | Номер испытания | |
|--|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Испытуемая навеска щебня (гравия) m , г | | |
| Масса щебня (гравия), оставшегося на контрольном сите после просеивания, m_1 , г | | |
| Показатель дробимости щебня (гравия) отдельной пробы Др, % | | |
| Показатель дробимости щебня (гравия) Др, % | | |
| Марка щебня (гравия) Др, % | | |

4.8. Определение в щебне (гравии) пылевидных, глинистых частиц и глины в комках

Частицы размером менее 0,05 мм относят к пылевидным и глинистым, выделяют также комки глины с крупностью от 1,25 мм до наибольшего размера зерен данной фракции.

Общее содержание глинистых и мелких пылевидных фракций в щебне изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии для бетона не должно превышать следующих значений:

– для бетона сборных и монолитных конструкций и деталей производственных, жилых и общественных зданий и сооружений класса ниже В25 – 3 % по массе, класса В25 и выше – 2 %;

– для бетона пролетных строений мостов, постовых конструкций зоны переменного уровня воды, водопропускных труб, железобетонных шпал, опор контактной сети, линий связи и автоблокировки, опор ЛЭП – 1 %;

– для монолитного бетона опор мостов и фундаментов водопропускных труб, расположенных в подводной или надводной зоне, – 2 %;

– для дорожного бетона однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий – 2 %;

– для дорожного бетона нижнего слоя двухслойных покрытий и оснований усовершенствованных капитальных покрытий – 3 %;

– для бетона железобетонных и бетонных труб – 1 %.

Для бетона гидротехнических сооружений количество пылевидных и глинистых частиц в щебне, в щебне из гравия и в гравии из любых горных пород не должно превышать в зоне переменного уровня воды и надводной зоне 1 %, для подводной и внутренней зон – 2 %.

Для бетона железобетонных и бетонных труб и бетонов мостовых и гидротехнических сооружений зоны переменного уровня воды наличие глины в комках в крупном заполнителе не допускается.

Не допускается применять гравий в бетонах конструкций мостов и водопропускных труб, эксплуатируемых в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки ниже -40°C .

Не допускается применять гравий также для бетонов транспортных сооружений с маркой по морозостойкости F200 и выше и для бетонов гидротехнических сооружений с маркой по морозостойкости F300 и выше, эксплуатируемых в зоне переменного уровня воды.

Повышение содержания глинистых и мелких пылевидных частиц на 1...3 % в сравнении с допустимым значением увеличивает расход цемента на 1...7 %, на 3...5 % – до 15 %. Иногда прочность бетона понижается на 30...40 %.

4.8.1. Определение в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 20 кг при наибольшей крупности зерен D до 40 мм или 40 кг при D свыше 40 мм; технические весы; шкаф сушильный; сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном; деревянная мешалка; часы.

Проведение испытаний. Глину, ил и мелкие пылевидные фракции определяют для гравия, поскольку щебень обычно не содержит этих примесей, и проверку делают в случае, если сомневаются в его чистоте.

Для испытания из предварительно высушенной до постоянной массы средней пробы щебня (гравия) отвешивают навеску массой 5 кг при D до 40 мм и 10 кг при D свыше 40 мм. Пробу с D свыше 40 мм испытывают частями по 5 кг.

Пробу щебня (гравия) помещают в сосуд для отмучивания (рис. 4.5) или в ведро, заливают водой выше уровня поверхности на 200 мм и выдерживают примерно 2 ч до размокания глинистых частиц. Затем содержимое перемешивают деревянной мешалкой, дают отстояться 2 мин и сливают через два нижних отверстия при использовании сосуда для отмучивания или при помощи сифона при применении ведра. При этом слой воды над щебнем должен оставаться не менее 30 мм.

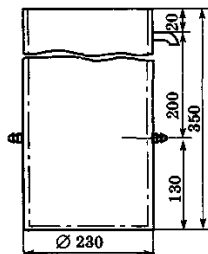


Рис. 4.5. Сосуд для отмучивания щебня (гравия)

Промывку щебня (гравия) повторяют до тех пор, пока вода после промывки не станет прозрачной. Затем материал высушивают до постоянной массы и вычисляют содержание отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц в процентах по формуле

$$П_{отм} = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (4.11)$$

где $П_{отм}$ – содержание в щебне (гравии) отмучиваемых пылевидных частиц, %;

m – масса пробы до отмучивания, г;

m_1 – масса пробы после отмучивания, г.

Результаты испытания записывают в табл. 4.18.

Т а б л и ц а 4.18. **Определение в щебне глинистых частиц**

| Показатель | Значение |
|--|----------|
| Масса щебня (гравия) до промывки m , г | |
| Масса щебня (гравия) после промывки m_1 , г | |
| Содержание в щебне (гравии) отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц $П_{отм}$, % | |

4.8.2. Определение в щебне (гравии) глины в комках

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 1 кг при размере фракций 5...10 мм, 4 кг – 10...20 мм, 20 кг – 20...40 мм, 60 кг – 40...70 мм, 140 кг при размере фракций свыше 70 мм; весы технические; сита с отверстиями диаметром 5, 10, 20, 40, 70 мм; шкаф сушильный; металлический лист; вода.

Проведение испытаний. От средней пробы фракционированного щебня (гравия) берут следующие навески: от фракции размером 5...10 мм – 0,25 кг, 10...20 мм – 1 кг, 20...40 мм – 5 кг, 40...70 мм – 15 кг, свыше 70 мм – 35 кг. При испытании фракций или нефракционированного щебня (гравия) среднюю пробу просеивает через набор сит с отверстиями 70, 40, 20, 10, 5 мм и от каждой фракции отбирают такие же навески. Эти навески высыпают тонким слоем на металлический лист и увлажняют. Затем отделяют глину в комках, высушивают их до постоянной массы и взвешивают.

Обработка результатов. Содержание комков глины в каждой навеске щебня (гравия) определяют по формуле

$$Г_{л_i} = \frac{m}{m + m_1} 100, \quad (4.12)$$

где $Г_{л_i}$ – содержание комков глины в щебне (гравии), %;

m – масса глины в комках, кг;

m_1 – масса зерен щебня (гравия), кг.

Содержание комков глины в процентах в пробе смесей фракций и нефракционированного щебня (гравия) вычисляют как средневзвешенное значение их количества с учетом зернового состава.

4.8.3. Определение содержания пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен

Для всех видов тяжелого бетона должен применяться щебень и щебень из гравия с содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в количестве не более 35 % по массе. Содержание таких зерен более 35 % по массе допускается при обеспечении заданной удобоукладываемости и прочности бетона без перерасхода цемента.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм для бетона дорожных и аэродромных однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий и для бетона безнапорных железобетонных и бетонных труб не должно превышать 25 % по массе, для бетона напорных и низконапорных железобетонных труб, опор ЛЭП, контактной

сети, линий связи и автоблокировки – 15 % по массе. Повышенное содержание зерен пластинчатой и игловатой форм приводит к перерасходу цемента.

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 1 кг для фракции 5...10 мм, 4 кг для фракции 10...20 мм, 20 кг для фракции 20...40 мм, 80 кг для фракции 40...70 мм, 140 кг для фракции более 70 мм; весы технические; штангенциркуль; стандартный набор сит.

Проведение испытаний. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм в щебне (гравии) определяют для каждой фракции в отдельности, для этого пробу рассеивают при необходимости на фракции.

Для испытания от средней пробы, высушенной до постоянной массы, берут навески массой 0,25 кг при размере фракции 5...10 мм, 1 кг – 10...20 мм, 5 кг – 20...40 мм, 15 кг – 40...70 мм и 35 кг для фракции более 70 мм.

Из пробы щебня (гравия) каждой фракции отбирают визуально зерна, длина которых превышает ширину или толщину в три и более раза. В сомнительных случаях размеры проверяют штангенциркулем.

Содержание пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен для каждой фракции вычисляют по формуле

$$P_{пл} = \frac{m_1}{m} 100, \quad (4.13)$$

где $P_{пл}$ – содержание пластинчатых и игловатых зерен в щебне (гравии), %;

m_1 – масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, г;

m – масса зерен каждой фракции, г.

Общее содержание в щебне (гравии) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм по пробе определяют как средневзвешенное значение результатов испытаний отдельных фракций.

Результаты испытаний записывают в табл. 4.19.

Т а б л и ц а 4.19. Определение содержания пластичных и игловатых зерен

| Показатель | Номер испытания | | |
|--|-----------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Масса зерен каждой фракции m , г | | | |
| Масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм m_1 , г | | | |
| Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм во фракции $P_{пл}$, % | | | |
| Общее содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм в пробе $P_{пл}$, % | | | |

4.9. Определение морозостойкости щебня (гравия)

По морозостойкости щебень (гравий) подразделяется на марки F15, F25, F50, F100, F150, F200, F300.

Разрушение бетона может происходить из-за недостаточной способности щебня (гравия) сопротивляться воздействию знакопеременных температур (недостаточной морозостойкости). Поэтому морозостойкость крупного заполнителя должна обеспечить получение бетона заданной морозостойкости и быть не ниже марки бетона по морозостойкости.

Морозостойкость щебня (гравия) определяется двумя способами: путем попеременного замораживания и последующего оттаивания в воде или путем попеременного насыщения в растворе сернокислого натрия и последующего высушивания, причем основным является первый способ.

Требуемые показатели морозостойкости приведены в табл. 4.20.

Т а б л и ц а 4.20. Морозостойкость щебня (гравия)

| Вид испытания | Марки щебня (гравия) по морозостойкости | | | | | | |
|--|--|-----|-----|------|------|------|------|
| | F15 | F25 | F50 | F100 | F150 | F200 | F300 |
| Замораживание, число циклов | 15 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| Потеря в массе после испытания, %, не более | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Насыщение в растворе сернокислого натрия, число циклов | 3 | 5 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 |
| Потеря в массе после испытания, %, не более | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 2 |

4.9.1. Определение морозостойкости щебня (гравия) замораживанием

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия) массой 8 кг для фракции 5...10 мм, 12 кг – 10...20 мм, 20 кг – 20...40 мм, 40 кг – 40...70 мм; камера холодильная; шкаф сушильный; весы технические; сита с диаметром отверстий, соответствующим наибольшей и наименьшей крупности щебня (гравия); широкодонный перфорированный сосуд; ванна для насыщения водой и оттаивания; вода.

Проведение испытаний. Морозостойкость щебня (гравия) определяют на отдельных фракциях. Для этой цели его просеивают через два сита, из которых отверстия верхнего соответствуют диаметру наибольшей крупности, а отверстия нижнего – диаметру наименьшей крупности зерен. Испытанию подвергают зерна, оставшиеся на нижнем сите. При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси фракций, его рассеивают на стандартные фракции. Фракции, содержащиеся в количестве менее 5 % по массе, на морозостойкость не испытывают. Зерна крупнее 70 мм дробят до получения фракции размером 40...70 мм. Для очистки от загрязнения щебень (гравий) промывают в воде, после чего высушивают до постоянной массы.

Из подготовленного материала от каждой фракции берут по две пробы. Проба массой 1 кг берется от фракции 5...10 мм, 1,5 кг – от фракции 10...20 мм, 2,5 кг – от фракции 20...40 мм, 5 кг – от фракции 40...70 мм. Каждую пробу данной фракции насыпают в широкодонный перфорированный сосуд и разравнивают, чтобы толщина слоя не превышала толщины зерен наибольшей крупности, а затем погружают в воду с температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Через 48 ч щебень (гравий) вынимают из воды и помещают в холодильную камеру, где его замораживают. Время замораживания при установившейся температуре $-17...-25^\circ\text{C}$ должно быть не менее 4 ч. После этого сосуд со щебнем (гравием) опять погружают в ванну с водой с температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Вода должна периодически меняться или быть проточной. Щебень (гравий) выдерживают в воде до полного оттаивания, но не менее 2 ч. Циклы испытаний повторяют.

После 15, 25 и каждых последующих 25 циклов пробу щебня (гравия) высушивают до постоянной массы, просеивают через сито с диаметром отверстий, соответствующим минимальным размерам фракций, и определяют потери массы, которые не должны превышать величин, приведенных в табл. 4.20.

Зерна щебня (гравия) фракции 40...70 мм при их раскалывании относят к неморозостойким, даже если они остаются на сите с размером отверстий 40 мм.

Обработка результатов. Потери массы Δm , %, определяют по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} 100, \quad (4.14)$$

где Δm – потеря массы образца после испытаний, %;

m – масса пробы до испытания, г;

m_1 – остаток после просеивания на сите, г.
Результаты испытаний записывают в табл. 4.21.

Таблица 4.21. **Определение морозостойкости**

| Показатель | Номер пробы | |
|--|-------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса пробы до испытания m , г | | |
| Остаток после просеивания на сите m_1 , г | | |
| Потери массы после испытания на морозостойкость Δm , % | | |
| Среднее значение потери массы Δm , % | | |
| Марка по морозостойкости F | | |

Если щебень (гравий) необходимой марки по морозостойкости после испытаний имел потери массы не больше допустимого значения, испытания продолжают в течение следующих 25 циклов. Если потеря массы превысила допустимое значение, испытания прекращают и марку по морозостойкости щебня (гравия) принимают по предыдущему числу циклов.

4.9.2. Определение морозостойкости щебня (гравия) насыщением в растворе сернокислого натрия

Оборудование и материалы: проба щебня (гравия); сернокислый натрий; дистиллированная вода; весы технические; сита с диаметрами отверстий, соответствующими наибольшей и наименьшей крупности щебня (гравия); сосуд металлический для насыщения щебня (гравия) раствором сернокислого натрия; часы.

Проведение испытаний. Контрольную проверку на морозостойкость щебня (гравия) по ускоренной методике в растворе сернокислого натрия выполняют на отдельных фракциях. Подготовка проб производится так же, как и при испытании замораживанием.

Раствор для насыщения щебня (гравия) готовят растворением 250...300 г безводного или 700...1000 г кристаллического сернокислого натрия в 1 л подогретой дистиллированной воды.

Пробу щебня (гравия) насыпают в сосуд слоем, не превышающим толщины зерен наибольшей крупности, заливают раствором сернокислого натрия и выдерживают в нем в течение 20 ч при комнатной температуре. Затем раствор сливают, а навеску щебня (гравия) высушивают при температуре 105...110 °С в течение 4 ч. После охлаждения пробу опять заливают раствором сернокислого натрия на 4 ч. Попере-

менное насыщение и высушивание повторяют несколько раз согласно маркам щебня (гравия) по морозостойкости.

После окончания испытания навеску щебня (гравия) промывают горячей водой, высушивают до постоянной массы, просеивают через сита с отверстиями, соответствующими наименьшей крупности испытуемой фракции, и определяют потери массы Δm , %, по формуле (4.14).

Полученные данные сопоставляют с приведенными в табл. 4.20 и устанавливают марку по морозостойкости. Результаты испытания записывают в табл. 4.21.

Глава 5. ПОДБОР СОСТАВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА

Бетоном называется искусственный каменный материал, состоящий из затвердевшей смеси вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителя. Для улучшения свойств бетона или бетонной смеси в их состав могут вводиться химические добавки.

В соответствии с СТБ 1310 «Бетоны. Классификация и общие технические требования» бетоны классифицируются по основному назначению, виду вяжущего и заполнителей, структуре.

5.1. Подбор составов бетона (СТБ 1182)

Подбор состава бетона состоит в установлении соотношения между цементом, водой, песком, щебнем (гравием) и добавками в виде расхода материалов на 1 м^3 уплотненной бетонной смеси. Это соотношение должно обеспечить необходимые технологические свойства бетонной смеси и технические свойства затвердевшего бетона.

Для расчета необходимо иметь следующие исходные данные: требуемую удобоукладываемость бетонной смеси, класс или марку по прочности затвердевшего бетона в возрасте 28 суток (B или M) или требуемый процент прочности к заданному сроку, при необходимости – марку по водонепроницаемости (W), морозостойкости (F), коррозионную стойкость и т. д., характеристики исходных материалов – вид и активность цемента, модуль крупности и пустотность песка, количество фракций и наибольшую крупность щебня (гравия), среднюю и истинную плотность материалов, влажность заполнителей.

Подбор состава бетона включает следующие основные этапы: выбор и оценку пригодности имеющихся материалов, расчет ориентиро-

вочного состава бетона, экспериментальную проверку и корректирование состава бетона на опытных замесах, определение назначения рабочего состава бетона и расчет материалов на замес бетономешалки.

5.1.1. Материалы, рекомендуемые для бетона

Для изготовления бетона следует применять портландцементы, соответствующие требованиям ГОСТ 10178 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия» и ГОСТ 22266 «Цементы сульфатостойкие. Технические условия».

Марки цемента принимают в зависимости от класса бетона по табл. 5.1 согласно СНиП 5.01.23 «Типовые нормы расхода цемента для приготовления бетонов сборных и монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций».

Таблица 5.1. Назначение марки цемента в зависимости от класса бетона

| Проектный класс бетона | Марки цемента для тяжелого бетона при твердении в условиях | | | | | |
|------------------------|--|------------|---|------------|----------------------|------------|
| | естественных | | тепловой обработки при отпускной прочности бетона | | | |
| | | | 70 % проектной и менее | | 80...100 % проектной | |
| | рекомендуемые | допустимые | рекомендуемые | допустимые | рекомендуемые | допустимые |
| B7,5 | 300 | – | 300 | – | – | – |
| B10 | 300 | 400 | 300 | 400 | 400 | 300, 500 |
| B15 | 400 | 300, 500 | 400 | 300, 500 | 400 | 500 |
| B20 | 400 | 300, 500 | 400 | 300, 500 | 400 | 500 |
| B25 | 400 | 500 | 400 | 500 | 500 | 400 |
| B27,5 | 400 | 500 | 400 | 500 | 500 | 400 |
| B30 | 500 | 550, 600 | 500 | 550, 600 | 550 | 500, 600 |
| B35 | 550 | 500, 600 | 550 | 500, 600 | 600 | 500, 550 |
| B40 | 600 | 550, 600 | 600 | 550, 500 | 600 | 550 |
| B45 | 600 | 550 | 600 | 550 | – | – |

Применение цемента пониженных марок увеличивает его расход. Применение цемента повышенных марок не всегда приводит к его экономии. При применении цемента высокой активности для бетонов низких классов следует вводить минеральные добавки тонкомолотых шлаков, золы ТЭС, активных минеральных добавок естественного происхождения. Расход цемента не должен превышать типовую норму по СНиП 5.01.23. Вид цемента для различных условий работы необходимо выбирать с учетом требований ГОСТ 30515 «Цементы. Классификация».

В качестве мелкого заполнителя для тяжелого бетона применяют природный и искусственный песок, в качестве крупного заполнителя – щебень или гравий из плотных горных пород.

Вода для затворения бетонной смеси должна соответствовать требованиям СТБ 1114 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия». Рекомендуется применять питьевую воду. Можно использовать технические оборотные и природные минерализованные воды с допустимым содержанием примесей. Количество солей, ионов SO_4^{2-} , Cl^- , взвешенных частиц не должно превышать значений, приведенных в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Допустимое содержание примесей в воде

| Назначение бетонов | Растворимые соли | Ионы | | Взвешенные частицы |
|--|------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | | SO_4^{2-} | Cl^- | |
| Для напряженных железобетонных конструкций, а также бетоны на глиноземистом цементе | 2000 | 600 | 350 | 200 |
| Для конструкций с напрягаемой арматурой, в том числе для водосбросных сооружений и зоны переменного уровня воды массивных сооружений | 5000 | 2700 | 1200 | 200 |
| Для неармированных конструкций, к которым не предъявляются требования по ограничению образования высолов | 10000 | 2700 | 3500 | 300 |

Водородный показатель pH воды должен быть не менее 4 и не более 12,5. Допускается не более 10 мг/л органических поверхностно-активных веществ, сахаров, фенолов. Для улучшения свойств бетонной смеси, затвердевшего бетона, ускорения твердения бетона, замедления или ускорения сроков схватывания вводятся химические добавки, применение которых регламентируется.

5.1.2. Подбор состава бетона

Различают номинальный лабораторный состав бетона, рассчитанный для сухих материалов, и производственно-полевой – для материалов в естественно-влажном состоянии. Лабораторный состав бетона определяют расчетно-экспериментальным методом, для чего вначале рассчитывают ориентировочный состав бетона, а затем уточняют его по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Расчет ориентировочного состава бетона. Расчет состава бетона выполняют в нижеприведенной последовательности.

1. Определяют водоцементное отношение $B / Ц$ – отношение массы воды к массе цемента из условий получения требуемого класса бетона в зависимости от активности цемента и качества материалов по формулам:

$$B / Ц = \frac{A_1 R_{ц}}{R_6 + A_1 \cdot 0,5 R_{ц}} \text{ при } B / Ц \geq 0,4; \quad (5.1)$$

$$B / Ц = \frac{A_2 R_{ц}}{R_6 + A_2 \cdot 0,5 R_{ц}} \text{ при } B / Ц \geq 0,4, \quad (5.2)$$

где A_1 и A_2 – коэффициенты, учитывающие качество материалов, которые принимаются по табл. 5.3;

$R_{ц}$ – активность цемента, МПа;

R_6 – предел прочности бетона на сжатие, МПа.

Т а б л и ц а 5.3. Значения коэффициентов, учитывающих качество материалов

| Характеристика материалов для бетона | A_1 | A_2 |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Высококачественные | 0,65 | 0,43 |
| Рядовые | 0,60 | 0,40 |
| Пониженного качества | 0,55 | 0,37 |

Примечания:

1. К высококачественным материалам относят: портландцемент высокой активности с минимально допустимым количеством гидравлической добавки, щебень из плотных пород, песок плотный крупный и средней крупности. Заполнители должны быть не загрязненными, оптимального зернового состава.

2. К рядовым материалам относят: портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент, заполнители среднего качества, в том числе гравий.

3. К материалам пониженного качества относят цементы низкой активности, непрочные крупные заполнители, мелкие пески.

2. Определяют расход воды B , кг/м^3 , в зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси, вида и крупности заполнителя ориентировочно по табл. 5.4 или на основании предварительных испытаний.

3. Определяют расход цемента $Ц$, кг/м^3 , по известному $B / Ц$ и водопотребности бетонной смеси:

$$Ц = B : B / Ц, \quad (5.3)$$

где B – расход воды, кг/м^3 ;

$B / Ц$ – отношение массы воды к массе цемента.

Т а б л и ц а 5.4. **Водопо требность бетонной смеси**

| Подвижность ОК, см | Жесткость, с | Расход воды, кг/м ³ | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|--------------------------------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|
| | | Гравий, мм | | | | Щебень, мм | | | |
| | | 10 | 20 | 40 | 70 | 10 | 20 | 40 | 70 |
| – | 40...50 | 150 | 135 | 125 | 120 | 160 | 150 | 135 | 130 |
| – | 25...35 | 160 | 145 | 130 | 125 | 170 | 160 | 145 | 140 |
| – | 15...20 | 165 | 150 | 135 | 130 | 175 | 165 | 150 | 145 |
| – | 10...15 | 175 | 160 | 145 | 140 | 185 | 175 | 160 | 155 |
| 2...4 | – | 190 | 175 | 160 | 155 | 200 | 190 | 175 | 170 |
| 5...7 | – | 200 | 185 | 170 | 165 | 210 | 200 | 185 | 180 |
| 8...10 | – | 205 | 190 | 175 | 170 | 215 | 205 | 190 | 185 |
| 10...12 | – | 215 | 205 | 190 | 180 | 225 | 215 | 200 | 190 |
| 12...16 | – | 220 | 210 | 197 | 185 | 230 | 220 | 207 | 195 |
| 16...20 | – | 227 | 218 | 203 | 192 | 237 | 228 | 213 | 202 |

Примечания:

1. Значения водопо требности приведены для бетонной смеси на пор тландцементе с нормальной густотой цементного теста 26...28 % и песке с $M_{кр} = 2$.

2. На каждый процент повышения нормальной густоты цементного теста (НГЦТ) расход воды увеличивается на 3...5 кг/м³, при уменьшении НГЦТ – уменьшается на 3...5 кг/м³.

3. Увеличение модуля крупности песка на каждые 0,5 вызывает необходимость уменьшения расхода воды на 3...5 кг/м³, уменьшение – повышение расхода воды на 3...5 кг/м³.

Нормы расхода цемента не должны превышать типовые по СНиП 5.01.23. Для неармированных сборных изделий минимальная норма расхода цемента должна быть не менее 200 кг/м³, для железобетонных изделий – не менее 220 кг/м³.

Допускается снижение минимальной нормы расхода цемента для бетонных изделий до 150 кг/м³ и для железобетонных – до 180 кг/м³ при добавлении в бетон золы ТЭС до 200 или 220 кг/м³. Если расход цемента превышает типовые нормы, тогда следует проводить мероприятия по экономии цемента.

4. Определяют расход крупного заполнителя Щ(Г), кг/м³, по формуле

$$\text{Щ(Г)} = \frac{1}{\frac{\alpha \Pi_{\text{щ(Г)}}}{\rho_{\text{щ(Г)}}} + \frac{1}{\rho_{\text{ищ(Г)}}}}, \quad (5.4)$$

где $\Pi_{щ(г)}$ – пустотность щебня (гравия) в рыхлонасыпанном состоянии, подставляется в формулу в виде коэффициента, определяемого по формуле (5.5);

α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия);

$\rho_{нщ(г)}$ – насыпная плотность щебня (гравия), г/см³;

$\rho_{ищ(г)}$ – истинная плотность щебня (гравия), г/см³.

Пустотность щебня (гравия) определяется по формуле

$$\Pi_{щ(г)} = 1 - \frac{\rho_{нщ(г)}}{\rho_{ищ(г)}}. \quad (5.5)$$

Коэффициент раздвижки зерен α определяется по табл. 5.5.

Таблица 5.5. Коэффициенты раздвижки зерен α для пластичных бетонных смесей на песке с $V_n = 7\%$

| Расход цемента, кг/м ³ | Водоцементное отношение В / Ц | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 250 | – | – | – | 1,26 | 1,32 | 1,38 |
| 300 | – | – | 1,30 | 1,36 | 1,42 | – |
| 350 | – | 1,32 | 1,38 | 1,44 | – | – |
| 400 | 1,31 | 1,40 | 1,46 | – | – | – |
| 500 | 1,44 | 1,52 | 1,56 | – | – | – |
| 600 | 1,52 | 1,56 | – | – | – | – |

Примечания:

1. При других значениях В / Ц коэффициент α находят интерполяцией.

2. При применении крупного песка с $V_n < 7\%$ коэффициент α увеличивается на 0,03 на каждый процент увеличения В. При использовании мелкого песка с $V > 7\%$ коэффициент α уменьшают на 0,03 на каждый процент увеличения В.

3. Для жестких бетонных смесей при расходе цемента менее 400 кг/м³ коэффициент α принимают равным 1,05...1,15, в среднем 1.1.

5. Определяют расход песка Π , кг/м³, по формуле

$$\Pi = \left[1 - \frac{Ц}{\rho_c} + \frac{В}{\rho_v} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(г)}} \right] \rho_n, \quad (5.6)$$

где Ц, В, Щ(Г) – расход цемента, воды, щебня (гравия) соответственно, кг на 1 м³ бетонной смеси;

$\rho_c, \rho_v, \rho_{щ(г)}, \rho_n$ – истинная плотность материалов, кг/м³.

Экспериментальная проверка и корректировка состава бетона

Для экспериментальной проверки состава бетона готовят пробный замес, на котором определяют удобоукладываемость бетонной смеси – подвижность (осадку конуса) или жесткость. При недостаточной удобоукладываемости бетонной смеси увеличивают расход воды и цемента на 5...10 %, не изменяя водоцементного отношения. При повышенной удобоукладываемости увеличивают количество крупного заполнителя и песка на 5...10 %, сохраняя их отношение неизменным.

Объем пробного замеса V_3 , м³, после корректирования состава бетонной смеси определяют по формуле

$$V_3 = \frac{Ц_3 + В_3 + П_3 + Щ(\Gamma)_3}{\rho_{с.б.см}}, \quad (5.7)$$

где $Ц_3$, $В_3$, $П_3$, $Щ(\Gamma)_3$ – масса материалов на замес, кг;

$\rho_{с.б.см}$ – средняя плотность бетонной смеси, кг/м³.

Имея объем бетонной смеси и расход материалов на замес, определяют расход материалов $Ц$, $В$, $П$, $Щ(\Gamma)$ в килограммах на 1 м³ бетонной смеси по следующим формулам:

$$Ц = \frac{Ц_3 \cdot 1}{V_3}; \quad В = \frac{В_3 \cdot 1}{V_3}; \quad П = \frac{П_3 \cdot 1}{V_3}; \quad Щ(\Gamma) = \frac{Щ(\Gamma)_3 \cdot 1}{V_3}. \quad (5.8)$$

Откорректировав удобоукладываемость бетонной смеси, проверяют прочность бетона. Для этого готовят еще два пробных замеса: один с $В / Ц$ большим на 10...30 %, второй – меньшим на 10...30 %, чем V_3 основного замеса.

Величину $В / Ц$ изменяют, увеличивая или уменьшая расход цемента, изменяется также соответственно расход песка, расход крупного заполнителя остается неизменным. После испытания бетонных образцов на прочность строят график зависимости прочности бетона от $В / Ц$ и определяют истинное значение $В / Ц$, соответствующее данному пределу прочности бетона, после чего уточняют расход материалов на 1 м³ бетона. Затем при необходимости проверяют водонепроницаемость и морозостойкость бетона. В случае несоответствия требуемым значениям состав бетона корректируют изменением $В / Ц$ и затем опять уточняют расход материалов на 1 м³ бетона.

**Производственный состав бетона
и расчет материалов на замес бетономешалки**

В производственных условиях заполнители обычно бывают влажными, поэтому состав бетона следует рассчитывать с учетом воды, содержащейся в них. Для этого следует вычислить количество воды в щебне (гравии) и песке из расчета на 1 м³ бетона и вычесть ее из общего расхода воды, указанного в номинальном составе. К расходу щебня (гравия) и песка следует добавить количество их во влажном состоянии, соответствующее содержанию воды в них.

Расход материалов рабочего состава бетона с учетом влажности заполнителей Ц, Щ(Г), П, В, кг/м³, рассчитывают по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_p &= \text{Ц}; \\ \text{П}_p &= \text{П} \left(1 + \frac{W_{\text{п}}}{100} \right); \\ \text{Щ(Г)}_p &= \text{Щ(Г)} \left(1 + \frac{W_{\text{щ(Г)}}}{100} \right); \\ \text{В}_p &= \text{В} - \text{Щ(Г)} \frac{W_{\text{щ(Г)}}}{100} - \text{П} \frac{W_{\text{п}}}{100}, \end{aligned} \tag{5.9}$$

где Ц, П, Щ(Г), В – расход материалов в подобранном составе, кг/м³;

$W_{\text{щ(Г)}}$, $W_{\text{п}}$ – влажность щебня или гравия и песка, %.

Зная расход компонентов Ц_р, В_р, Щ(Г)_р, П_р на 1 м³ бетонной смеси, вычисляем ее расчетную объемную массу $\rho_{\text{р об.с}}$, кг/м³, по формуле

$$\rho_{\text{р об.с}} = \text{Ц}_p + \text{В}_p + \text{Щ(Г)}_p + \text{П}_p. \tag{5.10}$$

Коэффициент выхода бетона определяется по формуле

$$\beta = \frac{1}{\frac{\text{Ц}_p}{\rho_{\text{щ}}} + \frac{\text{П}_p}{\rho_{\text{п}}} + \frac{\text{Щ(Г)}_p}{\rho_{\text{щ(Г)}}}}. \tag{5.11}$$

Для получения производственного состава в соотношениях по массе расход каждого компонента бетонной смеси (кг) делят на расход цемента:

$$\frac{Ц_p}{Ц_p} : \frac{П_p}{Ц_p} : \frac{Щ(\Gamma)_p}{Ц_p} = 1 : x : y \quad \text{при} \quad \frac{В}{Ц} = z. \quad (5.12)$$

На опытном замесе производственного состава проверяют удобоукладываемость бетонной смеси. Если удобоукладываемость отличается от заданной, то состав корректируют изменением расхода воды.

Для проверки прочности изготавливают не менее двух серий контрольных образцов на каждый срок испытаний. Состав бетона признается удовлетворительным, если прочность бетона отличается от заданной в большую сторону не более чем на 10 %, а в меньшую – на 5 %.

Плотность бетона считается удовлетворительной, если она отличается от заданной на ± 3 %. Корректирование состава бетона следует производить изменением расхода цемента, для чего можно использовать ранее полученную зависимость между прочностью и расходом цемента.

Приготовление бетонной смеси обычно производится в бетономешалках различной емкости. Емкость их барабана приводится в литрах бетонной смеси. Расход материалов на замес бетономешалки $Ц'$, $Щ(\Gamma)'$, $П'$, $В'$ определяется по формулам:

$$\begin{aligned} Ц' &= Ц_p \frac{V_3}{1}; & В' &= В_p \frac{V_3}{1}; \\ П' &= П_p \frac{V_3}{1}; & Щ(\Gamma)'_p &= Ц_p \frac{Щ(\Gamma)_3}{1}, \end{aligned} \quad (5.13)$$

где $Ц_p$, $В_p$, $П_p$, $Щ(\Gamma)_p$ – расход материалов, кг на 1 м^3 бетонной смеси;
 V_3 – объем замеса бетономешалки, м^3 .

Затем массу каждого составляющего умножают на объем бетономешалки и таким образом определяют расход материалов на замес бетономешалки.

5.1.3. Подбор состава бетона с химическими добавками

Подбор состава бетона с химическими добавками может осуществляться двумя способами. По первому способу вначале подбирают состав бетона без добавки по общепринятой методике, а затем его корректируют с учетом действия добавки.

По второму способу, когда известно приблизительное влияние добавок, в расчетные формулы общепринятой методике вводят попра-

вочные коэффициенты, учитывающие действия этих добавок. Добавки не изменяют характер зависимостей удобоукладываемости бетонных смесей от количества воды, прочности бетона от водоцементного отношения и активности цемента, но оказывают влияние на их величину. Этот способ позволяет сократить объем работы.

Подбор состава бетона по второму способу выполняют в нижеприведенной последовательности.

1. Определяют ориентировочный расход воды ($\text{кг}/\text{м}^3$) по табл. 5.4 для бетона без добавки, а затем уточняют его с учетом пластифицирующего действия добавки по формуле

$$B_1 = K_1 B, \quad (5.14)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий пластифицирующее действие добавки.

Водопотребность бетонной смеси зависит от вида и количества пластифицирующей добавки, вида и расхода цемента. При введении ускорителей твердения водопотребность бетонной смеси принимается как для бетона без добавки. Окончательный расход воды уточняется на пробных замесах.

2. $B / Ц$ определяют по формуле

$$B / Ц = \frac{K_2 AR_u}{R_b + 0,5K_2 R_u} \text{ при } B / Ц \geq 0,25, \quad (5.15)$$

где K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий изменение прочности бетона с добавкой в возрасте 28 суток, $K_2 = R_{\text{доб}} / R_b$. Если добавка не влияет на прочность бетона, то $K_2 = 1$.

3. Расход цемента определяют по формуле

$$Ц = B_1 B / Ц, \quad (5.16)$$

где $Ц$ – расход цемента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

B_1 – расход воды с учетом пластифицирующего действия добавки, кг.

4. Определяют расход химических добавок. Химические добавки вводятся в бетонную смесь в виде водных растворов: воздухововлекающие добавки 5%-ной концентрации, пластифицирующие, пластифицирующе-воздухововлекающие, уплотняющие, замедлители схватывания, ускорители твердения и ингибиторы коррозии стали 5...10%-ной, противоморозные 10...20%-ной концентрации.

Расход добавок в сухом веществе $D_{\text{сух}}$, кг, вычисляют по формуле

$$D_{\text{сух}} = \frac{\text{ЦД}_{\text{сух, \%}}}{100}, \quad (5.17)$$

где $D_{\text{сух}}$ – расход добавки в сухом веществе, кг;

Ц – расход цемента, кг;

$D_{\text{сух, \%}}$ – расход добавки в сухом веществе от массы цемента, %.

Расход добавки в виде раствора повышенной концентрации на 1 м^3 бетонной смеси определяют по формулам:

в килограммах

$$D_p = \frac{\text{ЦД}_{\text{сух}}}{K}; \quad (5.18)$$

в литрах

$$D_p = \frac{\text{ЦД}_{\text{сух, \%}}}{K\rho_d} D_p, \quad (5.19)$$

где D_p – расход добавки повышенной концентрации, кг (л);

K – концентрация рабочего раствора добавки, %, принимается по табл. 5.6;

ρ_d – плотность рабочего раствора добавки, $\text{кг}/\text{м}^3$, принимается по табл. 5.6.

Таблица 5.6. Плотность водных растворов наиболее распространенных добавок

| Добавки | Плотность раствора, $\text{г}/\text{см}^3$, при концентрации в % | | | | | | | | | | | |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| С-3 | 1,007 | 1,013 | 1,02 | 1,03 | 1,045 | 1,069 | 1,09 | 1,116 | 1,148 | 1,18 | 1,205 | - |
| ЛСТМ-2 | 1,006 | 1,012 | 1,021 | 1,029 | 1,043 | 1,067 | 1,091 | 1,117 | - | - | - | - |
| ЛСТ | 1,004 | 1,013 | 1,021 | 1,029 | 1,043 | 1,068 | 1,091 | 1,117 | 1,144 | 1,173 | 1,202 | 1,266 |
| УПБ | 1,004 | 1,012 | 1,019 | 1,028 | 1,04 | 1,061 | 1,083 | 1,106 | 1,129 | 1,154 | 1,179 | 1,232 |
| ХК | 1,01 | 1,023 | 1,04 | 1,058 | 1,084 | 1,13 | 1,178 | 1,228 | 1,282 | 1,362 | - | - |
| СН | 0,007 | 1,026 | 1,044 | 1,063 | 1,092 | 1,141 | - | - | - | - | - | - |
| ПАЩ-1 | 1,003 | 1,015 | 1,031 | 1,046 | 1,066 | 1,09 | 1,09 | - | - | - | - | - |

При объемном дозировании раствора добавок следует учитывать влияние температуры t , °С, на количество сухого вещества в растворе добавки, определяемого по формуле

$$D_{p_n} = \frac{D_{p_{t=20\text{ °С}}} \rho_{t_n}}{\rho_{t=20\text{ °С}}}, \quad (5.20)$$

где D_{p_n} – содержание сухого вещества в добавке при температуре окружающей среды, кг/м³;

$D_{p_{t=20\text{ °С}}}$ – содержание добавки в виде сухого вещества в 1 л раствора при температуре $t = 20$ °С, кг/м³;

ρ_{t_n} и $\rho_{t=20\text{ °С}}$ – плотность раствора соответственно при t_n и $t = 20$ °С, г/см³.

5. Определяют расход воды V_n на 1 м³ бетонной смеси за вычетом воды в рабочем растворе добавки (кг) по формуле

$$V_n = V_1 - D_p \rho_d (1 - 0,01K). \quad (5.21)$$

D_p подставляют в литрах.

6. Определяют расход крупного заполнителя $\Pi(\Gamma)$, кг/м³, по формуле (5.4).

7. Определяют расход песка Π , кг/м³, по формуле

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} + \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{\Pi(\Gamma)}} + \frac{D_p}{\rho_d} + \frac{B}{\rho_B} \right) \right] \rho_{\Pi}. \quad (5.22)$$

Экспериментальную проверку и корректирование состава бетона, расчет производственного состава и расхода материалов на замес бетономешалки выполняют по методике для бетона без добавки с включением всех данных по добавкам.

Пример 1. Подобрать состав бетона для плит пролетного строения мостового переезда. Марка бетонной смеси по удобоукладываемости П1 (осадка конуса ОК = 3 см). Класс бетона по прочности после пропаривания и последующего твердения в нормальных условиях – В25 ($B_6 = 25 : 0,778 = 32$ МПа), марка по морозостойкости – F150, марка по водонепроницаемости – W4. Отпускная прочность – 70 % от предела прочности в возрасте 28 суток: $32 \cdot 0,7 = 22,4$ МПа.

Материалы: портландцемент среднеалюминатный активностью 38,5 МПа с НГЦТ = 26 %; крупный заполнитель – гранитный щебень с содержанием фракций 5...10 мм – 20 %, 10...20 мм – 25 %, 20...40 мм – 55 %; мелкий заполнитель – кварцевый песок средней крупности, $M_{кр} = 2,1$; насыпная плотность сухих материалов: $\rho_{н.ц} = 1200 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{н.п} = 1400 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{н.щ} = 1500 \text{ кг/м}^3$; истинная плотность материалов: $\rho_{ц} = 3100 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{п} = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{щ} = 2550 \text{ кг/м}^3$.

Выполняем расчет ориентировочного состава бетона.

1. Определяем В / Ц по прочности на сжатие по формуле (5.1):

$$В/Ц = \frac{0,6 \cdot 38,5}{32 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 38,5} = 0,556.$$

2. Ориентировочно определяем расход воды по табл. 5.4:

$$В = 175 \text{ кг.}$$

3. Определяем расход цемента по формуле (5.3):

$$Ц = 175 : 0,556 = 315 \text{ кг.}$$

Уточним расход цемента с учетом требований СНиП 5.01.23-83. По таблице 14 СНиП для бетона класса В25 (М300) с отпускной прочностью 70 % проектной марки в условиях тепловой обработки при ОК бетонной смеси 3 см, приготовленного на портландцементе марки 400, расход его не должен превышать 335 кг/м^3 . С учетом поправки на применение щебня с $D = 40 \text{ мм}$ расход не должен превышать $335 \cdot 0,93 \approx 312 \text{ кг}$. Согласно таблице 20 упомянутого СНиП, для бетона марки по морозостойкости F150 расход цемента не должен превышать 300 кг/м^3 , а для бетона марки по водонепроницаемости W4 – 328 кг. Примем Ц = 315 кг/м^3 .

4. Определяем расход щебня по формуле (5.4):

$$Щ = \frac{1}{\frac{1,36 \cdot 0,41}{1500} + \frac{1}{2550}} = 1309 \text{ кг.}$$

Пустотность щебня определяем по формуле (5.5):

$$П_{щ} = \frac{2550 - 1500}{2550} = 0,41.$$

Коэффициент α принимаем по табл. 5.5; $\alpha = 1,36$.

5. Определяем расход песка по формуле (5.6):

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{315}{3100} + \frac{175}{1000} + \frac{1309}{2550} \right) \right] \cdot 2550 = 536 \text{ кг.}$$

В результате проведенных расчетов получим следующий ориентировочный номинальный состав бетона, кг/м³:

цемент – 315;
песок – 536;
вода – 175;
щебень – 1309.
Итого – 2335.

Экспериментальная проверка и корректирование состава бетона осуществляется в следующей последовательности.

1. Вычисляем расход материалов на пробный замес исходя из номинального состава бетона. Объем пробного замеса примем равным 12 л. Тогда расход материалов составит, кг:

цемента: 315 · 0,012 = 3,78;
воды: 1750 · 0,012 = 2,10;
песка: 536 · 0,012 = 6,432;
щебня: 1309 · 0,012 = 15,708.

2. Вычисляем расход материалов в килограммах на пробный замес бетона после корректирования содержания материалов.

Допустим, что после проверки удобоукладываемости бетонной смеси оказалось, что вместо принятой осадки конуса 3 см фактическая осадка конуса составила 6 см. Для обеспечения требуемой осадки конуса добавим 5 % песка и щебня. Бетонную смесь дополнительно перемешиваем и опять проверяем осадку конуса. Если она остается принятой, опыт заканчиваем и делаем перерасчет действительного расхода материалов (табл. 5.7).

Т а б л и ц а 5.7. Уточнение расчетного состава бетона по удобоукладываемости

| Материалы и характеристика бетона | Расход материалов бетона номинального состава | Добавлено | Расход материалов бетона уточненного состава |
|-----------------------------------|---|-----------|--|
| Цемент, кг | 3,78 | – | 3,78 |
| Вода, кг | 2,10 | – | 2,10 |
| Песок, кг | 6,432 | 0,3216 | 6,7536 |
| Щебень, кг | 15,708 | 0,7854 | 16,4934 |
| В / Ц | 0,556 | – | 0,556 |
| Осадка конуса, см | 6 | – | 3 |

3. Определяем абсолютный объем откорректированного состава бетонной смеси по формуле (5.7), м³:

$$V_3 = \frac{3,78 + 2,10 + 6,7536 + 16,4934}{2325,0} = 0,01253,$$

предварительно определив среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{б.см} = 2325,0 \text{ кг/м}^3$.

4. Определяем расход материалов в килограммах на 1 м³ бетонной смеси по формулам (5.8):

$$\begin{aligned} \text{Ц} &= \frac{3,78 \cdot 1}{0,01253} = 302; & \text{В} &= \frac{2,10 \cdot 1}{0,01253} = 168; \\ \text{П} &= \frac{6,7536 \cdot 1}{0,01253} = 539; & \text{Щ} &= \frac{16,4934 \cdot 1}{0,01253} = 1316. \end{aligned}$$

5. Уточняем В / Ц из условия получения бетона необходимой прочности. Для этого przygotowляем дополнительно два замеса, один с В / Ц большим на 20 %, второй – меньшим на 20 %, чем у основного. За основной прием состав I, откорректированный по удобоукладываемости бетонной смеси. Величину В / Ц изменяем, уменьшая или увеличивая расход цемента. Изменяем также расход песка. Расход щебня остается неизменным. Образцы пропариваем по принятому режиму. Определяем предел прочности после пропаривания и через 28 суток от начала изготовления образцов при хранении их после пропаривания в нормальных условиях. Составы и прочность бетонов с разными В / Ц сводим в табл. 5.8.

Т а б л и ц а 5.8. Уточнение расчетного состава бетона по прочности

| Материал и характеристика бетона | Составы бетона | | |
|----------------------------------|----------------|--------|--------|
| | I | II | III |
| Цемент, кг | 3,624 | 3,022 | 4,532 |
| Вода, кг | 2,016 | 2,016 | 2,016 |
| Песок, кг | 6,468 | 7,07 | 5,56 |
| Щебень, кг | 15,792 | 15,792 | 15,792 |
| В / Ц | 0,556 | 0,6672 | 0,4448 |
| Прочность при сжатии, МПа: | | | |
| $R_{б, н}$ | 36,65 | 31,66 | 42,11 |
| $R_{б, проп}$ | 25,0 | 20,83 | 31,25 |

По полученным значениям прочности строим график $R_{\sigma} = f(B / Ц)$ (рис. 5.1).

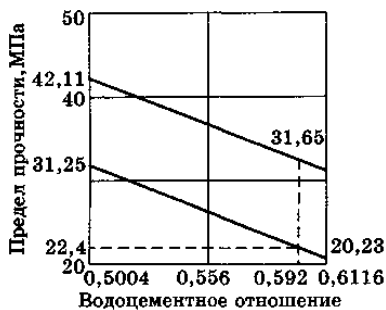


Рис. 5.1. График зависимости между прочностью бетона и водоцементным отношением

По графику определяем, что для бетона с $R_{\text{проч}} = 22,4$ МПа соответствует $B / Ц = 0,592$. Предел прочности этого бетона через 28 суток составил 33 МПа.

Окончательный номинальный состав бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$, следующий:

$$Ц = 284; B = 168; П = 557; Щ = 1316.$$

Расчет производственного состава бетона и расхода материалов на замес бетономешалки выполняем в следующей последовательности.

1. Рассчитываем состав бетона на влажных заполнителях. Условно примем, что щебень имеет влажность 1 %, песок – 4 % по массе. Тогда количество воды в щебне составит: $1316 \cdot 0,01 = 13$ кг, а количество воды в песке: $557 \cdot 0,04 = 22$ кг.

Из общего количества воды бетона номинального состава следует вычесть воду, содержащуюся в заполнителях. Ее расход составит: $168 - 13 - 22 = 133$ кг. Количество же заполнителей следует увеличить. Тогда расход щебня составит: $1316 + 13 = 1329$ кг, а расход песка: $557 + 22 = 579$ кг.

Таким образом, откорректированный состав бетона на влажных заполнителях, $\text{кг}/\text{м}^3$, будет следующий:

цемент – 284;
 вода – 133;
 щебень – 1329;
 песок – 579.

Состав бетона можно выразить в виде соотношения

$$\frac{\text{Ц}}{\text{Ц}} : \frac{\text{П}}{\text{Ц}} : \frac{\text{Щ}}{\text{Ц}} = \frac{284}{284} : \frac{579}{284} : \frac{1329}{284} = 1 : 2,04 : 4,68 \text{ при } \text{В/Ц} = 0,592.$$

2. Определяем расход материалов на замес бетономешалки. Пусть бетономешалка имеет вместимость барабана $0,25 \text{ м}^3$. Тогда расход материалов на один замес составит, кг:

цемент – $284 \cdot 0,25 = 71$;
вода – $133 \cdot 0,25 = 33,25$;
песок – $579 \cdot 0,25 = 144,75$;
щебень – $1329 \cdot 0,25 = 332,25$.

Пример 2. Подобрать состав бетона с пластифицирующей добавкой ПАЩ-1 для сокращения расхода цемента (по первому способу). Исходные данные взяты из примера 1.

Расход материалов номинального состава бетона в килограммах после экспериментальной проверки и последующего корректирования, согласно данным примера 1, следующий:

цемент – 284;
вода – 168;
песок – 557;
щебень – 1316.

Введение добавки ПАЩ-1 за счет пластифицирующего эффекта, согласно таблице 1 приложения 3 Руководства, в бетонах на средне-алюминатных портландцементеах при их расходе до 300 кг/м^3 дает возможность уменьшить на 4 % расход цемента. Тогда расход материалов при постоянном отношении песка к щебню будет следующий, кг:

цемент – $284 - 284 \cdot 0,04 = 272,64$;
вода – $168 - 168 \cdot 0,04 = 161,28$;
песок – $557 + 18 \cdot 0,3 = 562,4$;
щебень – $1316 + 18 \cdot 0,7 = 1328,6$.

Согласно таблице 5 Руководства, количество добавки ПАЩ-1 в расчете на сухое вещество при расходе цемента до 300 кг/м^3 составляет 0,1...0,25 % от массы цемента. Для определения оптимального количества добавки для пробных замесов примем расход ПАЩ-1 0,1; 0,18 и 0,25 %.

При 0,1%-ном расходе количество сухого вещества на 1 м^3 бетонной смеси, определенное по формуле (5.17), составит:

$$D_{\text{сух}} = (272,64 \cdot 0,1) : 100 = 0,2726 \text{ кг.}$$

ПАЩ-1 рекомендуется вводить в виде раствора 10%-ной концентрации плотностью 1,066 г/см³, согласно приложению 4, таблица 8 Руководства.

Тогда количество раствора ПАЩ-1, определенное по формулам (5.18) и (5.19), составит:

$$D_p = \frac{272,64 \cdot 0,1}{10} = 2,72 \text{ кг}; \quad D_p = \frac{272,64 \cdot 0,1}{10} = 2,72 \text{ л.}$$

Недостающее количество воды за вычетом воды в рабочем растворе добавки, определенном по формуле (5.20), составит:

$$V_n = 161,28 \cdot 2,72 \cdot 1,006 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) = 158,67 \text{ кг (л)}.$$

Аналогично определяем расход материалов при введении добавки в количестве 0,18 и 0,25 %. Результаты расчетов сводим в табл. 5.9.

Т а б л и ц а 5.9. Уточнение состава бетона с добавкой ПАЩ-1

| № п/п | Расход ПАЩ-1, % от массы цемента | Расход материалов на 1 м ³ бетона | | | | | | В / Ц | Уменьшение расхода цемента |
|-------|----------------------------------|--|-----------|------------|-------------|---------------------------|-------------------------------|-------|----------------------------|
| | | Цемент, кг | Песок, кг | Щебень, кг | Вода, кг(л) | ПАЩ-1, кг сухого вещества | 10%-ный раствор ПАЩ-1, Кг (л) | | |
| 1 | – | 284 | 557 | 1316 | 168 | – | – | 0,592 | – |
| 2 | 0,1 | 272,64 | 562,4 | 1328,6 | 158,67 | 0,2726 | 2,72 (2,56) | 0,592 | 4 |
| 3 | 0,18 | 272,64 | 562,4 | 1328,6 | 156,57 | 0,491 | 4,91 (4,61) | 0,592 | 4 |
| 4 | 0,25 | 272,64 | 562,4 | 1328,6 | 154,74 | 0,682 | 6,82 (6,4) | 0,592 | 4 |

На основании данных табл. 5.9 готовим пробные замесы, на которых проверяется удобоукладываемость бетонной смеси, прочность бетона, и при необходимости делаем корректирование состава бетона.

Если прочность бетона получается выше требуемой, уменьшаем расход цемента и опять повторяем весь расчет по вышеприведенной методике, чтобы получить необходимую удобоукладываемость бетонной смеси и прочность бетона.

Далее определяем среднюю плотность бетонной смеси и, если она изменилась более чем на 5 %, уточняем фактический расход материалов в связи с изменением средней плотности. Для этого необходимо поделить расход материалов на 1 м³ бетонной смеси на ее среднюю плотность без добавки и умножить на значение средней плотности бетонной смеси с добавкой ПАЩ-1.

В заключение следует произвести расчет производственного состава бетонной смеси, т. е. с учетом влажности заполнителей, и расчет расхода материалов на замес бетономешалки.

Пример 3. Подобрать состав бетона для панелей внутренних стен с комплексной добавкой суперпластификатора С-3 и сульфата натрия СН (второй способ).

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости – ПЗ (ОК = 12 см), класс по прочности при сжатии – В15 ($R_6 = 15 : 0,778 = 19,28$ МПа).

Материалы: портландцемент марки 400 (активность – 40 МПа), НГЦТ = 26 %; мелкий заполнитель – кварцевый песок с $M_{кр} = 1,43$; крупный заполнитель – гранитный щебень фракции 5...20 мм.

Насыпная плотность сухих материалов: цемента $\rho_{нц} = 1100$ кг/м³, песка $\rho_{н.п} = 1500$ кг/м³, щебня $\rho_{н.щ} = 1320$ кг/м³. Истинная плотность материалов: цемента $\rho_{ц} = 3100$ кг/м³, песка $\rho_{п} = 2500$ кг/м³, щебня $\rho_{щ} = 2600$ кг/м³.

Ранее установлено оптимальное количество добавок в бетон в процентах от расхода цемента: С-3 – 0,3 %, СН – 1 %. Плотность растворов добавок 10%-ной концентрации: $\rho_{С-3} = 1045$ кг/м³, $\rho_{СН} = 1092$ кг/м³.

Осуществляем расчет ориентировочного состава бетона.

1. Определяем ориентировочный расход воды по табл. 5.4 и формуле (5.14): $K_1 = 0,85$; $V = 225$ кг; $V_1 = 0,85 \cdot 225 = 191$ кг.

2. Определяем В / Ц по прочности на сжатие по формуле (5.15). Принимаем $K_2 = 1.15$.

$$В / Ц = \frac{1,15 \cdot 0,55 \cdot 40}{19,28 + 0,5 \cdot 1,15 \cdot 0,55 \cdot 40} = 0,792.$$

3. Определяем расход цемента по формуле (5.16):

$$Ц = 191 : 0,792 = 241 \text{ кг.}$$

4. Определяем расход химических добавок сухого вещества и раствора 10%-ной концентрации по формулам (5.17)–(5.19):

$$D_{\text{сух С-3}} = \frac{241 \cdot 0,3}{100} = 0,723 \text{ кг;}$$

$$D_{\text{сух СН}} = \frac{241 \cdot 1}{100} = 2,41 \text{ кг;}$$

$$D_{\text{р С-3}} = \frac{241 \cdot 0,3}{10} = 7,23 \text{ кг;}$$

$$D_{\text{р С-3}} = \frac{241 \cdot 0,3}{10 \cdot 1,045} = 6,92 \text{ кг;}$$

$$D_{\text{р СН}} = \frac{241 \cdot 1,0}{10} = 24,1 \text{ кг;}$$

$$D_{\text{р СН}} = \frac{241 \cdot 1,0}{10 \cdot 1,045} = 23,06 \text{ кг.}$$

5. Определяем недостающий расход воды за вычетом ее в рабочем растворе добавок по формуле (5.21):

$$B = 191 - [6,92 \cdot 1,045 \cdot (1 - 0,01) + 23,06 \cdot 1,092 (1 - 0,01 \cdot 10)] \approx 162 \text{ кг.}$$

6. Определяем расход щебня по формуле (5.22):

$$\text{Щ} = \frac{1}{\frac{1,38 \cdot 0,492}{1320} + \frac{1}{2600}} = 1112 \text{ кг.}$$

7. Определяем расход песка по формуле (5.22):

$$\text{П} = \left[1 - \left(\frac{241}{3100} + \frac{1112}{2600} + \frac{7,23}{1045} + \frac{24,1}{1092} + \frac{162}{1000} \right) \right] \cdot 2500 = 759 \text{ кг.}$$

В результате проведенных расчетов получим следующий ориентировочный номинальный состав бетона на 1 м^3 , кг:

| | |
|--|-----------------|
| цемент – | 241; |
| общее количество воды – | 191; |
| вода за вычетом воды в растворах добавок – | 162; |
| С-3 в виде раствора 10%-ной концентрации – | 7,23 (6,92 л); |
| СН в виде раствора 10%-ной концентрации – | 24,1 (23,06 л); |
| щебень – | 1112; |
| песок – | 759. |
| Итого – | 2305. |

Затем по общепринятой методике выполняем экспериментальную проверку и корректирование состава бетона по удобоукладываемости и прочности. Уточняем расход материалов при изменении средней плотности бетонной смеси более чем на 5 %. Затем определяем расход материалов производственного состава и на замес бетономешалки.

5.2. Испытание бетонной смеси

К бетонной смеси предъявляется ряд требований. Она должна иметь достаточную жизнеспособность, необходимую для транспортирования, удобоукладываемость, позволяющую уложить и уплотнить ее в конструкции с минимальными затратами, а бетон – заданные технические свойства.

Свойствами бетонной смеси задаются и корректируют на пробных замесах при подборе состава бетона.

При бетонировании монолитных и сборных конструкций должен осуществляться лабораторный контроль качества бетонной смеси.

Пробы смеси отбирают на месте ее укладки. При производстве товарной смеси их отбирают со средней части замеса. При подаче смеси ленточными транспортерами, бетононасосами ее отбирают в три приема в течение 5 мин через одинаковые промежутки времени в количестве в два раза больше, чем необходимо для испытаний.

Перед испытанием пробу дополнительно перемешивают и испытывают не позже чем через 10 мин после отбора.

Для лабораторных исследований готовят опытные замесы. Объем пробы для контрольных образцов должен превышать требуемый в 1,2 раза.

5.2.1. Приготовление опытного замеса

Оборудование и материалы: материалы для приготовления бетонной смеси: цемент, вода, щебень (гравий), песок; сито № 09; сушильный шкаф; лопаты; весы; секундомер; металлический лист; бетономешалка (в случае механического перемешивания бетонной смеси).

Проведение испытаний. Опытный замес готовят из материалов, применяемых на данном производстве (строительная площадка, завод железобетонных изделий). Цемент просеивают через сито № 09. Заполнители высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С. От песка отсеивают зерна крупнее 5 мм, от щебня (гравия) – мельче 5 мм. Бетонную смесь готовят в закрытом помещении при температуре (20 ± 2) °С из составляющих, выдержанных до температуры помещения лаборатории.

Бетонную смесь перемешивают вручную или в бетономешалке. При ручном перемешивании объем замеса не должен превышать 15 л. Ручное перемешивание выполняется на металлическом листе в следующей последовательности. Отвешивают необходимое количество материалов. Металлический лист протирают влажной тканью и высыплют на него вначале песок, а затем цемент и перемешивают до получения смеси однородного цвета. Далее добавляют щебень (гравий) и перемешивают до тех пор, пока он не распределится равномерно во всей смеси.

Перемешанную смесь собирают в виде конической или продолговатой кучи. В середине кучи делают углубление, вливают половину воды, необходимой для замеса, и перемешивают до равномерного распределения воды во всем объеме. Затем смесь снова собирают в виде кучи, делают углубление в середине и вливают оставшуюся часть воды, после чего смесь опять перемешивают. Время перемешивания от-

считывается с момента первого приливания воды и должно составлять 3...5 мин.

Бетонную смесь в бетономешалке готовят в нижеприведенной последовательности. Вначале отвешивают все материалы и помещают их в отдельную тару. Затем при включенном двигателе их загружают в бетономешалку в следующей очередности: песок, цемент, щебень (гравий). Воду приливают равномерно в течение всего времени засыпки материалов. Продолжительность засыпки не должна превышать 2 мин. Перемешивание выполняют в течение 2 мин, считая с момента загрузки всех материалов. Смесь выгружают на металлический лист и дополнительно перемешивают вручную в течение 1...2 мин.

Удобоукладываемость бетонной смеси определяют не ранее 15 мин после начала перемешивания смеси с водой.

5.2.2. Определение средней плотности бетонной смеси (ГОСТ 10181.2)

Оборудование и материалы: бетонная смесь; мерные цилиндрические сосуды; стальной стержень для штыкования смеси; лабораторная виброплощадка; стальная линейка; весы; секундомер; кельма.

Проведение испытаний. Средней плотностью бетонной смеси называют отношение уплотненной бетонной смеси к ее объему. Ее определяют путем взвешивания в стальных мерных сосудах, размеры которых в зависимости от наибольшей крупности щебня (гравия) приведены в табл. 5.10.

Т а б л и ц а 5.10. Размеры сосудов для определения средней плотности бетонной смеси

| Наибольшая крупность щебня (гравия), мм | Объем мерных сосудов, дм ³ | Внутренние размеры сосудов | |
|---|---------------------------------------|----------------------------|------------|
| | | Диаметр, мм | Высота, мм |
| 40 | 5 | 186 | 186 |
| 100 | 15 | 267 | 267 |

Вначале взвешивают пустой мерный сосуд с точностью до 0,1 %. Затем заполняют его бетонной смесью и уплотняют в зависимости от удобоукладываемости вручную штыкованием или на виброплощадке.

При уплотнении штыкованием сосуд заполняют бетонной смесью в три слоя. Каждый слой штыкуют стальным стержнем по всей площади 16 раз при объеме сосуда 5 л и 35 раз при объеме сосуда 15 л. После уплотнения каждого слоя сосуд 15 раз постукивают о пол.

При уплотнении вибрированием сосуд, заполненный бетонной смесью, устанавливают на виброплощадке, укрепляют, а затем вибрируют до появления на поверхности бетонной смеси цементного молока, но не более 1,5 мин. Во время вибрирования сосуд дополняют бетонной смесью, а поверхность выравнивают вровень с краями.

Затем сосуд с бетонной смесью взвешивают с точностью 0,1 %.

Обработка результатов. Среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{с.б.см}$, Г/см³, определяют по формуле

$$\rho_{с.б.см} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (5.23)$$

где $\rho_{с.б.см}$ – средняя плотность бетонной смеси, Г/см³;

m – масса мерного сосуда с бетонной смесью, Г;

m_1 – масса пустого мерного сосуда, Г;

V – объем мерного сосуда, см³.

Испытания выполняются два раза для каждой пробы бетонной смеси. Отличия не должны превышать 5 %. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений. Результат записывают в табл. 5.11.

Т а б л и ц а 5.11. **Определение средней плотности**

| Показатель | Номер испытания | |
|---|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса мерного сосуда с бетонной смесью m , Г | | |
| Масса пустого мерного сосуда m_1 , Г | | |
| Объем мерного сосуда V , см ³ | | |
| Средняя плотность бетонной смеси отдельного испытания $\rho_{с.б.см}$, Г/см ³ | | |
| Среднее значение средней плотности бетонной смеси $\rho_{с.б.см}$, Г/см ³ | | |

5.2.3. Определение удобоукладываемости бетонной смеси (ГОСТ 10181.1)

Удобоукладываемостью бетонной смеси называется способность ее занимать форму бетонируемого изделия и уплотняться под действием сил тяжести, вибрации или других механических воздействий. Это свойство бетонной смеси оценивается подвижностью или жесткостью и виброуплотняемостью.

Удобоукладываемость имеет значения, приведенные в табл. 5.12.

Таблица 5.12. Удобокладываемость бетонных смесей

| Марка по удобокладываемости | Норма удобокладываемости по показателю | | Марка по удобокладываемости | Норма удобокладываемости по показателю | |
|-----------------------------|--|--------------------|------------------------------|--|--------------------|
| | жесткости, с | подвижности ОК, см | | жесткости, с | подвижности ОК, см |
| Сверхжесткие смеси | | | Низкопластичные смеси | | |
| | Более 100 | – | П1 | 4 и менее | 1...4 |
| СЖ2 | 51...100 | – | П2 | – | 50 |
| СЖ1 | 41...50 | – | | | |
| Жесткие смеси | | | Пластичные смеси | | |
| Ж4 | 31...40 | – | П3 | – | 10...15 |
| Ж3 | 21...30 | – | П4 | – | 16...20 |
| Ж2 | 11...20 | – | Литые смеси | | |
| Ж1 | 5...10 | – | П6 | – | 21 и более |

Определение подвижности бетонной смеси

Подвижность бетонной смеси определяют по величине осадки конуса (ОК) из испытываемой бетонной смеси. При наибольшей крупности щебня (гравия) до 40 мм применяют обычный конус, при большей крупности – увеличенный конус (рис. 5.2).

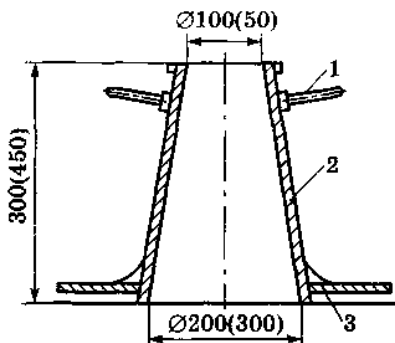


Рис. 5.2. Конус для определения подвижности бетонной смеси:

1 – ручка; 2 – корпус прибора; 3 – упоры

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; обычный конус высотой 300 мм с диаметром оснований 100 и 200 мм или увеличенный – высотой 450 мм с диаметром оснований 150 и 300 мм; загруз-

зочная воронка; гладкий металлический лист размером не менее 700×700 мм; кельма; прямой гладкий металлический стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с округленными концами; стальная линейка.

Проведение испытаний. Испытания выполняются в нижеприведенной последовательности. Конус и все приспособления для испытания, соприкасающиеся с бетонной смесью, протирают влажной тканью. Конус устанавливают на металлический лист, заполняют через воронку бетонной смесью в три слоя, равных по высоте, и уплотняют металлическим стержнем. Каждый слой штыкуют на всю его толщину 25 раз при испытании в обычном конусе и 56 раз при испытании в увеличенном конусе. После окончания уплотнения избыток смеси срезают по уровню верха конуса и заглаживают кельмой. Затем конус снимают, ставят рядом с бетонной смесью и замеряют ее осадку с точностью до 0,5 см. При испытании бетонной смеси в увеличенном конусе полученный результат приводят к величине осадки обычного конуса умножением на коэффициент 0,67.

Осадка конуса определяется дважды. Время между началом заполнения конуса при первом определении и до момента измерения осадки конуса при втором определении не должно превышать 10 мин.

Осадку конуса (ОК) вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 1 см при ОК = 4 см, на 2 см при ОК = 5...9 см и на 3 см при ОК ≥ 10 см. Если расхождения получаются больше допустимых, испытания следует повторить на новой пробе бетонной смеси. Если осадка конуса будет равна нулю, следует определить жесткость бетонной смеси.

Определение жесткости бетонной смеси (основной способ)

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; прибор для определения жесткости; лабораторная виброплощадка; кельма; стальной стержень; секундомер; стальная линейка.

Проведение испытаний. Жесткость бетонной смеси определяется в специальном приборе (рис. 5.3) и характеризуется временем в секундах, необходимым для выравнивания и уплотнения конуса из бетонной смеси при вибрации на лабораторной виброплощадке.

Испытания выполняют в следующей последовательности. На лабораторную виброплощадку устанавливают и укрепляют прибор, предварительно протерев влажной тканью поверхности, соприкасающиеся с бетоном. Затем конус прибора через насадку заполняют бетонной

смесью в три слоя и уплотняют каждый слой штыкованием металлическим стержнем 25 раз. Потом снимают конус и на бетон опускают диск прибора, после чего включают виброплощадку и секундомер. Вибрирование продолжают до тех пор, пока не начнет выделяться цементное тесто из двух любых отверстий диска. Это время в секундах и характеризует жесткость бетонной смеси.

Испытания проводят дважды и за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 %.

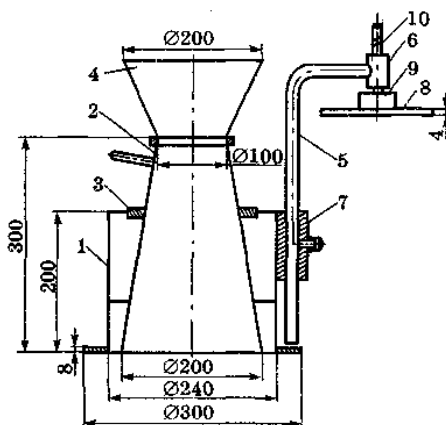


Рис. 5.3. Прибор для определения жесткости бетонной смеси:
 1 – цилиндрическое кольцо с фланцем в основании; 2 – конус;
 3 – кольцо-держатель с ручками; 4 – загрузочная воронка;
 5 – штатив; 6 – направляющая втулка; 7 – фиксирующая втулка с зажимным винтом; 8 – диск с шестью отверстиями;
 9 – стальная шайба; 10 – штанга

Определение жесткости бетонной смеси техническим вискозиметром

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; технический вискозиметр; лабораторная виброплощадка; кельма; стальной стержень; секундомер; стальная линейка.

Проведение испытаний. Жесткость бетонной смеси техническим вискозиметром (рис. 5.4) определяется при наибольшей крупности щебня (гравия) до 40 мм.

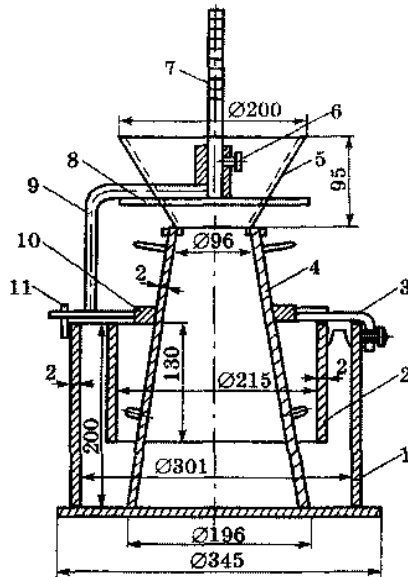


Рис. 5.4. Технический вискозиметр:

- 1 – цилиндрический сосуд; 2 – цилиндрическое кольцо; 3 – опорные планки; 4 – металлический конус;
 5 – насадки; 6 – зажимный винт; 7 – штанга;
 8 – плоский диск; 9 – штатив; 10 – кольцо-держатель
 для крепления конуса во время предварительной
 вибрации; 11 – петли для крепления кольца-держателя

На лабораторную виброплощадку устанавливают и закрепляют технический вискозиметр в рабочем положении, предварительно протерев влажной тканью поверхности, соприкасающиеся с бетоном. Затем конус через насадку наполняют бетонной смесью, уплотнив ее штыкованием. Окончательно уплотняют вибрированием в течение 5...30 с до появления из-под конуса цементного клея. Потом насадку снимают, избыток смеси срезают линейкой, а затем снимают конус. Далее на отформованный бетонный конус опускают диск со штангой, после чего включают виброплощадку и секундомер. При совпадении диска штанги с верхней плоскостью направляющей головки штатива выключают вибратор и отмечают время работы виброплощадки. Это время в секундах, умноженное на усредненный коэффициент 0,45, характеризует жесткость бетонной смеси на тяжелых заполнителях и на коэффициент 4 – на пористых заполнителях.

Испытания выполняют два раза и за окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 %.

Определение жесткости бетонной смеси в формах для изготовления бетонных образцов

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; металлический конус; насадка; форма куба размером 200×200×200 мм; лабораторная виброплощадка; кельма; стальной стержень; секундомер; стальная линейка.

Проведение испытаний. Жесткость бетонной смеси упрощенным способом (при наибольшей крупности зерен до 70 мм) определяют на приборе, состоящем из металлической формы размером 200×200×200 мм и металлического конуса высотой 300 мм с диаметром нижнего основания 190 мм и верхнего основания 100 мм. Этим способом можно определять жесткость бетонной смеси при наибольшей крупности заполнителя до 70 мм.

Последовательность работы следующая. На виброплощадке жестко закрепляют форму куба, вставляют в него конус и заполняют его через насадку в три слоя бетонной смесью, уплотняя штыкованием. Затем конус снимают и включают вибратор. Вибрирование продолжают до выравнивания бетонной смеси. Это время в секундах, умноженное на усредненный переводной коэффициент 0,7 для бетонных смесей на плотных заполнителях и коэффициент 2 – на пористых заполнителях, и принимается за показатель жесткости бетонной смеси. За окончательное значение жесткости бетонной смеси принимают среднее арифметическое из результатов двух испытаний, отличающихся не более чем на 20 %.

5.3. Испытание бетона на плотных и пористых заполнителях

Важнейшими свойствами затвердевшего бетона являются пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, средняя плотность, влажность, проницаемость, морозостойкость и др. Ими задаются в зависимости от назначения бетона и контролируют при выполнении бетонных работ.

Технические характеристики для тяжелого и легкого бетонов назначаются по ГОСТ 26633 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» и СТБ 1187 «Бетоны легкие. Технические условия».

5.3.1. Определение прочности бетона (ГОСТ 10180)

Прочность бетона характеризуется классом или маркой. Класс представляет собой гарантированную прочность бетона (МПа) с обеспеченностью 0,95. Маркой называется нормируемое значение средней прочности бетона (МПа · 10).

Класс и марка бетона определяются чаще всего в возрасте 28 суток, хотя в зависимости от времени нагружения конструкций могут и в другом возрасте. Классы назначаются при проектировании конструкций с учетом требований стандарта СЭВ 1406-78, марки – без учета требований этого стандарта.

Определение прочности бетона при сжатии

По прочности на сжатие бетон подразделяется на классы:

тяжелый – В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В22,5; В25; В27,5; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60; В65; В75; В80 или марки – М50; М75; М100; М150; М200; М250; М300; М350; М400; М450; М500; М600; М700; М800;

легкий – В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В17,5; В20; В22,5; В25; В30 или марки – М35; М50; М75; М100; М150; М200; М250; М300; М350; М400; М450; М500.

Между средней прочностью R_6 и классом бетона В при коэффициенте вариации $V = 0,135$ имеется следующая зависимость:

$$R_6 = \frac{B}{0,778}. \quad (5.24)$$

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; формы для изготовления образцов; гидравлический пресс; штангенциркуль; стальной стержень диаметром 16 мм; кельма; секундомер; лабораторная виброплощадка; камера нормального твердения.

Проведение испытаний. Прочность бетона при сжатии определяют испытанием серии образцов-кубов с размерами ребер 70, 100, 150, 200 и 300 мм или цилиндров диаметром 70, 100, 150 и 200 мм и высотой, равной двум диаметрам. Размеры образцов зависят от крупности щебня (гравия) и принимаются по табл. 5.13. За эталон принят куб с ребром 150 мм.

Т а б л и ц а 5.13. Размеры образцов в зависимости от крупности щебня (гравия)

| Наибольшая крупность зерен щебня (гравия), мм | Наименьший размер образцов, мм | |
|---|--------------------------------|------------------|
| | Ребро куба | Диаметр цилиндра |
| 10 | 70 | 70 |
| 20 | 100 | 100 |
| 40 | 150 | 150 |
| 70 | 200 | 200 |
| 100 | 300 | – |

При испытании конструкционно-теплоизоляционного бетона на пористых заполнителях изготавливаются образцы с наименьшим размером 150 мм независимо от крупности заполнителя.

Количество образцов в серии зависит от внутрисерийного коэффициента вариации и принимается: не менее 2 при $V \leq 5\%$, 3...4 при $8 > V > 5$ и 6 при $V > 8\%$.

Формы заполняют бетонной смесью слоями по высоте не более 100 мм и независимо от удобоукладываемости штыкуют стержнем диаметром 16 мм от краев к середине формы из расчета один нажим на 10 см^2 верхней открытой поверхности.

Бетонные смеси с подвижностью менее 10 см и жесткостью менее 11 с дополнительно уплотняют вибрированием на лабораторной площадке с частотой колебаний 2900 ± 100 и амплитудой $0,5 \pm 0,05$, причем форма с бетонной смесью должна быть закреплена жестко. Вибрируют до полного уплотнения и прекращают, когда поверхность бетона выравнивается, на ней появится тонкий слой цементного теста и прекратят выделяться пузырьки воздуха. Поверхность образца заглаживают.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью более 11 с смесь уплотняют вибрированием на виброплощадке с пригрузом, обеспечивающим давление, принятое на производстве, но не менее 0,004 МПа. Бетонной смесью заполняют форму с некоторым избытком, примерно до половины высоты насадки, укладывают сверху пригруз и встряхивают до прекращения оседания пригруза и еще дополнительно 5...10 с.

Образцы для твердения в условиях нормальной влажности вначале хранят в формах, покрытых влажной тканью, при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Для бетонов классов В7,5 и выше их освобождают от форм не ранее чем через 24 ч, классов В5 и ниже – через 48...72 ч и затем помещают в камеру с температурой $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха $(95 \pm 5)\%$.

При испытании бетонов, подвергаемых тепловой обработке, образцы твердеют в тепловых агрегатах по принятому режиму, а затем в нормальных условиях.

Испытания на сжатие выполняют на гидравлическом прессе с точностью показаний $\pm 2\%$. Пресс должен иметь шаровую опору на одной из опорных плит. Шкалу силоизмерителя прессы выбирают из условия, что разрушающая нагрузка должна находиться в интервале 20...80 % от максимальной допускаемой шкалы. Нагрузка должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью $(0,6 \pm 0,4)$ МПа/с до разрушения образца.

Образцы-кубы испытывают таким образом, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в формы, при испытании образцов-цилиндров – перпендикулярно слоям укладки. Далее определяют площадь сдавливания, для чего измеряют размеры образцов с точностью до 1 %.

В образцах-кубах каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое значение из двух измерений посередине противоположных граней. Диаметр образца-цилиндра определяют как среднее арифметическое значение результатов четырех измерений (по два взаимно перпендикулярных измерения диаметра на каждом торце).

Обработка результатов. Предел прочности отдельного образца при сжатии определяют по формуле

$$R_{б.с} = \frac{\alpha P}{F}, \quad (5.25)$$

где $R_{б.с}$ – предел прочности бетона при сжатии, ПМа;

α – масштабный коэффициент для перевода к прочности образца-куба с ребром 15 см, который допускается принимать по табл. 5.14;

P – разрушающая нагрузка, Н;

F – площадь образца, м².

Таблица 5.14. Значения масштабных коэффициентов

| Форма и номинальный размер образцов, мм | Минимальное значение масштабных коэффициентов | |
|---|---|-------------------------------------|
| | при испытании на сжатие α | при испытании на растяжение β |
| 1 | 2 | 3 |
| Кубы с ребром: | | |
| 70 | 0,85 | 0,85 |
| 100 | 0,95 | 0,92 |

| 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------|------|------|
| 150 | 1,00 | 1,00 |
| 200 | 1,05 | 1,08 |
| 300 | 1,10 | |
| Цилиндры диаметром и высотой: | | |
| 100×200 | 1,16 | |
| 150×300 | 1,20 | |
| 200×400 | 1,24 | |
| 300×600 | 1,28 | |

Предел прочности бетона определяют как среднее арифметическое значение пределов прочности испытанных образцов. Результаты испытания записывают в табл. 5.15.

Т а б л и ц а 5.15. **Определение прочности бетона при сжатии**

| Показатели | Номер образца | | |
|--|---------------|---|-----------|
| | 1 | 2 | 3 и т. д. |
| Размеры образца, м: | | | |
| $a(d)$ | | | |
| $b(h)$ | | | |
| Площадь поперечного сечения F , м ² | | | |
| Разрушающая нагрузка P , Н | | | |
| Предел прочности при сжатии $R_{6,c}$, МПа | | | |
| Среднее значение предела прочности при сжатии двух наибольших значений $R_{6,c}$, МПа | | | |

Определение прочности бетона на осевое растяжение

По прочности на осевое растяжение тяжелые и легкие бетоны подразделяются на классы: В₁0,4; В₁0,8; В₁1,2; В₁1,6; В₁2; В₁2,4; В₁3,2; В₁3,6; В₁4,0 или марки: В₁5; Р₁10; Р₁20; Р₁25; Р₁30; Р₁35; Р₁40; Р₁45; Р₁50. Они назначаются для бетонов, применяемых в резервуарах для воды, внецентренно нагруженных колонн и др.

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; комплект форм для изготовления образцов-восьмерок или призм; кельма; секундомер; лабораторная виброплощадка; стальной стержень диаметром 16 мм; камера для хранения образцов; разрывная машина; мерная линейка или штангенциркуль.

Проведение испытаний. Предел прочности на осевое растяжение определяется на образцах-восьмерках с размером рабочего сечения

средней части 70×70, 100×100, 150×150, 200×200 мм (рис. 5.5) или призм квадратного сечения размером 100×100×400, 150×150×600 и 200×200×800 мм. Методика изготовления и выдерживания образцов та же, что и при испытании на сжатие.

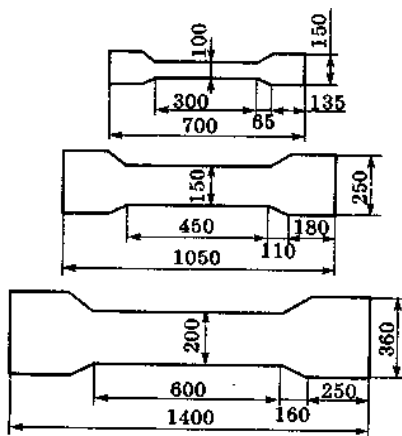


Рис. 5.5. Образцы восьмерки

Испытание проводят на разрывной машине. Образец закрепляют так, чтобы его геометрическая ось проходила через центр шарниров захватов. Напряжение в образце при нагружении до его разрушения должно возрастать с постоянной скоростью $(0,05 \pm 0,02)$ МПа в секунду.

Предел прочности бетона на осевое растяжение определяют по формуле

$$R_{ts} = \beta \frac{P}{F}, \quad (5.26)$$

где R_{ts} – предел прочности бетона на осевое растяжение, МПа;

β – масштабный коэффициент прочности бетона для перехода к образцам базового размера с рабочим сечением 150×150 мм.

Определяется опытным путем или приблизительно принимается по табл. 5.14;

P – разрушающая нагрузка, Н;

F – средняя площадь рабочего сечения образца, м².

Прочность бетона на растяжение вычисляется как среднее арифме-

тическое двух наибольших значений результатов испытаний трех образцов. Результаты испытаний записывают в табл. 5.16.

Т а б л и ц а 5.16. **Определение прочности бетона на осевое растяжение**

| Показатели | Номер образца | | |
|---|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Размеры образца, см: | | | |
| a | | | |
| b | | | |
| Площадь поперечного сечения F , м ² | | | |
| Разрушающая нагрузка P , Н | | | |
| Предел прочности при растяжении отдельного образца R_{ts} , МПа | | | |
| Среднее значение предела прочности из двух наибольших значений R_{ts} , МПа | | | |

Определение прочности бетона на растяжение при изгибе

По прочности на растяжение при изгибе бетон подразделяется на классы: В_{тб}0,4; В_{тб}0,8; В_{тб}1,2; В_{тб}1,6; В_{тб}2,0; В_{тб}2,4; В_{тб}2,8; В_{тб}3,2; В_{тб}3,6; В_{тб}4,0; В_{тб}4,4; В_{тб}4,8; В_{тб}5,2; В_{тб}5,6; В_{тб}6,0; В_{тб}6,4; В_{тб}6,8; В_{тб}7,2; В_{тб}8 или марки: Р_{тб}5; Р_{тб}10; Р_{тб}15; Р_{тб}20; Р_{тб}25; Р_{тб}30; Р_{тб}35; Р_{тб}40; Р_{тб}45; Р_{тб}50; Р_{тб}55; Р_{тб}60; Р_{тб}65; Р_{тб}70; Р_{тб}75; Р_{тб}80; Р_{тб}85; Р_{тб}90; Р_{тб}100. Они назначаются, например, при проектировании бетонов для дорожных и аэродромных покрытий.

Оборудование и материалы: проба бетонной смеси; формы для изготовления образцов; устройство для испытания бетона на растяжение при изгибе; гидравлический пресс; стальной стержень диаметром 16 мм; кельма; секундомер; лабораторная виброплощадка; камера для хранения образцов.

Проведение испытаний. Прочность бетона на растяжение при изгибе определяют испытанием образцов-призм в возрасте 28 суток. Размер образцов зависит от наибольшей крупности заполнителя и принимается: 100×100×400 мм при $D = 20$ мм и менее, 150×150×600 мм при $D = 40$ мм и 200×200×800 мм при $D = 70$ мм.

Методика изготовления образцов такая же, как и при испытании бетона на сжатие. Освобождение образцов от форм следует производить не ранее 4 суток после их изготовления.

Испытание образцов выполняется на гидравлическом прессе по схеме, приведенной на рис. 5.6.

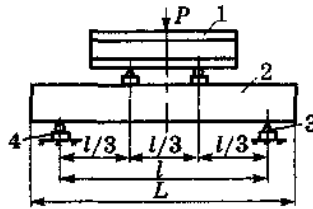


Рис. 5.6. Схема испытания бетонных образцов на растяжение при изгибе:

1 – траверса; 2 – испытательная призма;
3 – неподвижная опора; 4 – подвижная опора

Нагрузки на образец-призму должны передаваться перпендикулярно слою укладки бетонной смеси со скоростью $(0,5 \pm 0,02)$ МПа в секунду до разрушения образца. Образец должен разрушаться в средней трети пролета. Если же разрушение произошло в другом месте, то этот результат не учитывают при определении средней прочности. Предел прочности отдельного образца R_{tb} , МПа, вычисляют по формуле

$$R_{tb} = \frac{\beta' P l}{b h^2}, \quad (5.27)$$

где R_{tb} – предел прочности на растяжение при изгибе, МПа;

β' – масштабный коэффициент для перехода к образцам базового размера сечением 150×150 мм, $\beta' = \beta \gamma$. Значение β принимается по табл. 5.14, а коэффициент γ – по табл. 5.17;

P – разрушающая нагрузка, Н;

l – расстояние между опорами, м;

b – ширина призмы, м;

h – высота призмы, м.

Таблица 5.17. Минимальные значения переходных коэффициентов γ

| Марка (класс) тяжелого бетона на осевое растяжение | Коэффициент перехода от прочности на растяжение при изгибе к прочности на осевое растяжение γ |
|--|--|
| P ₂₀ (B _{1,6}) и ниже | 0,58 |
| P ₂₅ (B _{2,0}) | 0,57 |
| P ₃₀ (B _{2,4}) | 0,55 |
| P ₃₅ (B _{2,8}) | 0,52 |
| P ₄₀ (B _{3,2}) и выше | 0,50 |

Результаты испытания записывают в табл. 5.18.

Таблица 5.18. Определение прочности бетона на растяжение при изгибе

| Показатель | Номер образца | | |
|---|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Ширина призмы b , м | | | |
| Высота призмы h , м | | | |
| Расстояние между опорами l , м | | | |
| Разрушающая нагрузка P , Н | | | |
| Предел прочности на растяжении при изгибе отдельного образца R_{fb} , МПа | | | |
| Среднее значение предела прочности R_{fb} , МПа | | | |

Для перехода от прочности тяжелого бетона на растяжение при изгибе к прочности на осевое растяжение служат коэффициенты, приведенные в табл. 5.17.

Определение прочности бетона эталонным молотком Кашкарова

Предел прочности бетона в конструкции ускоренным способом можно определить по методике, изложенной в Рекомендациях по определению прочности бетона эталонным молотком Кашкарова по ГОСТ 22690-88. Метод основан на установлении зависимости между прочностью бетона R^{Φ} и соотношением диаметров отпечатков на бетоне и стальном эталонном стержне H .

Эталонный молоток состоит из корпуса, стакана, пружины, головки, индентера (шарика) и эталонного стержня (рис. 5.7).

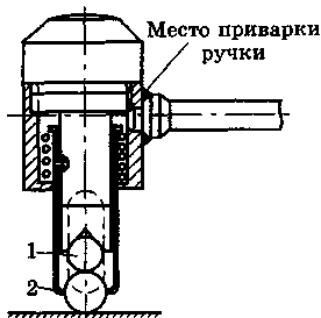


Рис. 5.7. Эталонный молоток Кашкарова:
1 – контрольный стержень; 2 – шарик

Шарик имеет диаметр от 15 до 16,7 мм с твердостью HRC60. Эталонные стержни должны иметь диаметр 10...12 мм. Они изготавливаются на токарном станке из прутковой стали марки ВСтЗсп2 или БСтЗпс2 с временным сопротивлением разрыву $\sigma_p = 412...451$ МПа.

Длина стержней составляет 100...150 мм. Они заостряются с одной стороны. Прочность бетона определяется следующим образом. В отверстие между корпусом и шариком вставляется эталонный стержень. Эталонным молотком ударяют по поверхности бетона. Причем головка молотка должна быть перпендикулярна к бетонной поверхности. Удары наносят или непосредственно эталонным молотком (способ А), или после установки молотка на поверхность бетона слесарным молотком массой 1 кг по головке эталонного молотка (способ Б) (рис. 5.8).

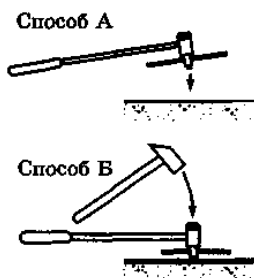


Рис. 5.8. Способы испытания

От удара возникает круглый отпечаток на поверхности бетона и эллипсоидный на поверхности эталонного стержня. Расстояние между отпечатками на бетоне должно быть не менее 30 мм, на эталонном стержне – 10...12 мм. После каждого удара отпечаток на поверхности бетона нумеруется. После нанесения серии ударов измеряют диаметры отпечатков на бетоне и наибольшие размеры отпечатков по оси эталонного стержня угловым масштабом (рис. 5.9). Отпечатки неправильной формы на поверхности бетона, полученные в результате удара по крупному заполнителю, пустоте, и соответствующие им отпечатки на эталонном стержне отбраковывают.

Диаметр отпечатка на бетоне должен быть в интервале 0,3...0,7 диаметра шарика, на стержне – не менее 2,5 мм. Измерения выполняют при помощи углового масштаба, измерительной лупы или штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Затем для каждой серии испытаний

суммируют размеры отпечатков на бетоне и стержне и определяют косвенную характеристику $H = \Sigma d_5 / d_3$, равную отношению суммы диаметров отпечатков на бетоне и стержне.

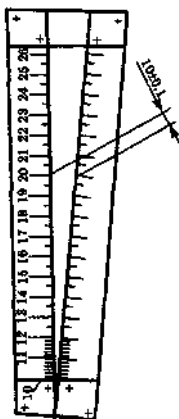


Рис. 5.9. Угловой масштаб

Прочность бетона определяют по предварительно построенной градуировочной зависимости между фактической прочностью бетона R^{Φ} и косвенной характеристикой H . Для ее построения изготавливают не менее 20 серий образцов размером $150 \times 150 \times 150$ или $100 \times 100 \times 100$ мм, которые испытывают эталонным молотком, и делают соответственно не более 5 или 4 отпечатков на каждом.

Для применения градуировочной зависимости в более широком диапазоне прочности изготавливают до 40 % образцов из бетонов с отклонением Ц / В до $\pm 0,4$.

Целесообразно пользоваться унифицированной зависимостью $H - R^{ny}$, приведенной на рис. 5.10.

Для этого следует вычислить коэффициент совпадения:

$$K_{\text{совп}} = \frac{R_{ci}^{\Phi}}{R_{ci}^{ny}}, \quad (5.28)$$

который равен отношению прочности бетона, определенного на прессе путем разрушения образцов, к прочности бетона, определенного эталонным молотком.

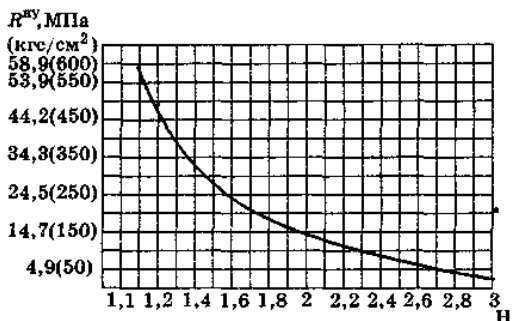


Рис. 5.10. Унифицированная градуировочная зависимость

Прочность бетона в конструкции рассчитывается как произведение прочности бетона по унифицированной зависимости, умноженной на коэффициент совпадения:

$$R_{ci}^H = R_{ci}^{ny} K_{совп}. \quad (5.29)$$

Привязку унифицированной зависимости выполняют на 25 сериях образцов и вычисляют $S_T R_{ci}^H$ и $F_{эф}$ по вышеприведенным формулам.

5.3.2. Определение морозостойкости бетона (ГОСТ 10060.0)

Морозостойкостью бетона называется его способность сохранять физико-механические свойства при попеременном многократном замораживании на воздухе и оттаивании на воздухе или в воде – среде эксплуатации.

Бетоны, эксплуатируемые в природных или технологических водах, испытываются в воде – среде такого же состава. Бетоны для дорожных и аэродромных покрытий испытываются в 5%-ном растворе хлорида натрия.

Тяжелые бетоны имеют марки по морозостойкости F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000, легкие бетоны – марки F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500.

Марка назначается в зависимости от вида конструкций и условий их эксплуатации. Она характеризуется установленным числом циклов попеременного замораживания и оттаивания бетонных образцов с допустимым снижением прочности не более чем на 5 %, а для бетонов дорожных и аэродромных покрытий – потери массы, кроме того, не более чем на 3 %.

Испытание выполняют на бетонах в возрасте, установленном нормативно-технической и проектной документацией, при достижении ими прочности на сжатие соответствующего класса (марки).

Оборудование и материалы: бетонные образцы; морозильная камера; ванна для насыщения бетонных образцов; ванна для оттаивания образцов с устройством для регулирования температуры в интервале (18 ± 2) °С; сетчатые контейнеры для основных образцов; сетчатые стеллажи морозильной камеры; вода согласно ГОСТ 2874, природная вода или же технологическая вода-среда, в которой эксплуатируется бетон.

Подготовка к испытаниям. Образцы насыщаются водой или водой-средой при температуре (18 ± 2) °С. Образцы погружаются в воду или воду-среду на 1/3 их высоты и выдерживаются 24 ч, затем погружаются на 2/3 и выдерживаются еще 24 ч, после чего погружаются полностью и выдерживаются 48 ч. Образцы должны быть окружены слоем воды не менее 20 мм.

Проведение испытаний. Основные образцы после насыщения их водой или водой-средой помещают в морозильную камеру в контейнерах или на стеллажи. Расстояние между образцами, образцами и контейнерами должно быть не менее 50 мм. Температура замораживания должна быть (-18 ± 2) °С. Время замораживания считается с момента, когда в камере установилась температура -16 °С. Температура должна замеряться в центре камеры. Продолжительность цикла замораживания принимается по табл. 5.19.

Т а б л и ц а 5.19. Режим испытания образцов

| Размеры образцов, мм | Замораживание | | Оттаивание | |
|----------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | время, ч | температура, °С | время, ч | температура, °С |
| 100×100×100 | 2,5 | | $2,0 \pm 0,5$ | |
| 150×150×150 | 3,5 | -18 ± 2 | $3,0 \pm 0,5$ | 18 ± 2 |
| 200×200×200 | 3,5 | | $5,0 \pm 0,5$ | |

Если одновременно испытываются образцы разных размеров, время замораживания устанавливается по образцам наибольших размеров.

После замораживания образцы извлекают из камеры и помещают в ванну с водой или водой-средой. Слой воды, окружающий образцы, должен быть не менее 50 мм. Смена воды или воды-среды должна производиться через каждые 50 циклов испытания. Число циклов замораживания и оттаивания в течение одних суток должно быть не ме-

нее одного. При вынужденных перерывах образцы должны находиться в замороженном состоянии. После соответствующего числа циклов замораживания, оттаивания и последующего выдерживания в течение 2...4 ч основные образцы испытываются на сжатие. Количество циклов, после которых производится испытание, приведено в табл. 5.20.

Т а б л и ц а 5.20. **Число циклов испытаний, соответствующее маркам бетона по морозостойкости**

| | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Марка бетона по морозостойкости | F50 | F75 | F100 | F150 | F200 | F300 | F400 | F500 | F600 | F800 | F1000 |
| Число циклов, после которых образцы испытываются на сжатие | 50 | 75 | 100 | 100 и 150 | 150 и 200 | 200 и 300 | 300 и 400 | 400 и 500 | 500 и 600 | 600 и 800 | 800 и 1000 |

Для определения марки бетона по морозостойкости среднюю прочность на сжатие основных образцов сравнивают со средней прочностью контрольных образцов, насыщенных водой в течение 96 ч по методике, изложенной выше, в возрасте, установленном нормативно-технической или проектной документацией. Бетон соответствует требуемой марке, если прочность основных образцов не будет меньше прочности контрольных образцов более чем на 5 %.

Глава 6. ПОДБОР СОСТАВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Строительным раствором называют искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания оптимально подобранной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды и мелкого заполнителя. До затвердевания смесь материалов называют растворной смесью. Для придания растворной смеси или затвердевшим растворам определенных свойств в них вводят различные добавки (минеральные, химические и др.).

Подбор состава сложного раствора выполняется по СН 290 «Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов». Свойства растворов регламентируются СТБ 1307 «Растворы строительные. Общие технические условия».

Растворы подразделяются:

а) в зависимости от условий их твердения и способности противостоять различным факторам окружающей среды – на воздушные и гидравлические;

б) по виду применяемого вяжущего – на цементные, известковые, гипсовые, цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые и др.; растворы, приготовленные на одном вяжущем, называются простыми, на двух или более вяжущих – сложными;

в) по средней плотности в сухом состоянии – на тяжелые (плотность – $1,5 \text{ г/см}^3$ и более) и легкие (плотность – менее $1,5 \text{ г/см}^3$);

г) по назначению – на кладочные, отделочные и специальные;

д) по прочности – на марки: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150 и 200;

е) по морозостойкости – на марки: F10, F15, F25, F35, F50, F100.

6.1. Подбор состава смешанного кладочного раствора

Подбор состава смешанного раствора заключается в установлении соотношения между вяжущим, водой, песком и добавками. Это соотношение должно обеспечить необходимую подвижность, водоудерживающую способность, водоотделение и нерасслаиваемость растворной смеси, прочность, среднюю плотность, водопоглощение и морозостойкость затвердевшего раствора.

Подбирают обычно растворы марки 25 и выше. Составы растворов марки ниже 25 приводятся в готовых таблицах. Если после испытаний будут отклонения от заданных показателей, то производят корректирование составов.

Для возведения зданий при отрицательных температурах без прогрева рекомендуется применять растворы марки 50 и выше с противоморозными добавками, которые обеспечивают их твердение.

Вначале рассчитывают расход материалов на 1 м^3 песка в рыхлонасыпном состоянии при влажности $3 \dots 7 \%$. После уточнения состава на пробных замесах определяют расход материалов на 1 м^3 раствора.

Для расчета состава смешанного раствора необходимо иметь следующие исходные данные: заданную марку раствора R_p , подвижность растворной смеси OK , активность вяжущего R_v , насыпную плотность вяжущего $\rho_{н.в.}$, среднюю плотность минеральной добавки $\rho_{с.д.}$, насыпную плотность песка $\rho_{н.п.}$

При подборе состава раствора вначале рассчитывают его ориентировочный состав, потом производят экспериментальную проверку и корректирование состава, далее рассчитывают производственный состав и определяют расход материалов на замес растворомешалки.

Расчет ориентировочного состава раствора

Состав растворной смеси на 1 м³ песка рассчитывают в следующем порядке.

1. Определяют расход вяжущего на 1 м³ песка:

а) по массе (табл. 6.1).

Если известно значение активности вяжущего $R_{в.ф}$, то его расход в килограммах на 1 м³ песка определяется по формуле

$$Q_{в} = \frac{R_{в} Q_{в}}{P_{в.ф} \cdot 1000}, \quad (6.1)$$

в которой $R_{в} Q_{в}$ принимается по табл. 6.1.

Таблица 6.1. Ориентировочный расход вяжущего

| Вяжущие | Предел прочности раствора R_p , МПа | Рекомендуемые марки цемента $R_{ц}$, МПа | $R_{в} Q_{в}$, МПа | Расход цемента, кг | |
|---|---------------------------------------|---|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | | | | на 1 м ³ песка $Q_{в}$ | на 1 м ³ раствора Ц |
| По ГОСТ 10178; ГОСТ 25328; ГОСТ 22266 | 20 | 50 | 18 | 360 | 410 |
| | | 40 | | 450 | 490 |
| | 15 | 50 | 14 | 280 | 330 |
| | | 40 | | 350 | 400 |
| | | 30 | | 470 | 510 |
| | 10 | 50 | 10,2 | 205 | 245 |
| 40 | | 255 | | 300 | |
| 30 | 40 | 340 | | 385 | |
| | 30 | 340 | | 385 | |
| По ГОСТ 10178; ГОСТ 25328; ГОСТ 22266 | 7,5 | 50 | 8,1 | 160 | 195 |
| | | 40 | | 200 | 240 |
| | | 30 | | 270 | 310 |
| | | 20 | | 405 | 445 |
| | 5 | 40 | 5,6 | 140 | 175 |
| | | 30 | | 185 | 225 |
| 20 | 280 | 325 | | | |
| 2,5 | 30 | 3,1 | 105 | 135 | |
| | 20 | | 155 | 190 | |
| Известково-шлаковые и известково-пуццолановые вяжущие | 2,5 | 15 | 3,1 | 206 | 240 |
| | | 10 | | 310 | 330 |
| | 1,0 | 15 | 1,4 | 93 | 110 |
| | | 10 | | 140 | 165 |
| | | 5 | | 280 | 320 |
| | 0,4 | 5 | | 120 | 145 |
| 2,5 | | 240 | | 270 | |

При использовании цементов высоких марок для их экономии рекомендуется применять тонкодисперсные и тонкомолотые активные минеральные добавки (молотые, доменные и топливные шлаки, золунос ТЭЦ, диатомиты, трепелы, вулканические пеплы, туфы и др.). Процентное содержание активной минеральной добавки устанавливается экспериментально и примерно принимается пропорционально требуемому проценту снижения излишней активности цемента.

Расход вяжущего допускается не меньше значений, приведенных в табл. 6.2;

б) по объему $V_{ц}$, м³, по формуле

$$V_{ц} = \frac{Q_{ц}}{\rho_{н.ц}}, \quad (6.2)$$

где $\rho_{н.ц}$ – насыпная плотность цемента, г/см³.

Т а б л и ц а 6.2. Минимальный расход вяжущего в растворах

| Назначение раствора | Вид раствора | Минимальный расход вяжущего, в кг на 1 м ³ песка, при степени долговечности зданий и конструкций | |
|--|---|---|-----|
| | | I и II | III |
| Для кладки надземной части здания при относительной влажности воздуха помещений до 60 % , а также для кладки фундаментов в маловлажных грунтах | Цементно-известковый | 75 | 75 |
| | Цементно-глиняный | 100 | 75 |
| | Цементный и цементно-известковый с органическим пластификатором | 100 | 75 |
| Для кладки надземной части зданий при относительной влажности воздуха помещений более 60 % , а также для кладки фундаментов в очень влажных и насыщенных грунтах | Цементно-известковый | 100 | 100 |
| | Цементно-глиняный | 125 | 100 |
| | Цементный и цементно-известковый с органическим пластификатором | 125 | 100 |

2. Определяют расход добавки известкового или глиняного теста:

а) по объему $V_{д}$, м³, по формуле

$$V_{д} = 0,17(1 - 0,002Q_{в}); \quad (6.3)$$

б) по массе Q_d , кг, по формуле

$$Q_d = V_d \rho_{с.д.}, \quad (6.4)$$

где $\rho_{с.д.}$ – средняя плотность известкового или глиняного теста, кг/м^3 .

Принимается: для известкового теста из извести II сорта с содержанием 50 % воды – 1400 кг/м^3 , для глиняного теста из пластичной глины с содержанием песка до 5 % – 1350 кг/м^3 , из глины средней пластичности с содержанием песка до 15 % – 1450 кг/м^3 . При применении извести I сорта ее расход уменьшается на 10 % по сравнению с рассчитанным по формуле (6.4). При применении негашеной извести ее расход уменьшают: при I сорте – на 35 %, II – на 25 %, III – на 15 %. При применении известкового молока его дозировка назначается из расчета содержания извести в количестве 25 % при средней плотности 1200 кг/м^3 .

3. Определяют ориентировочный расход воды V , кг, по формулам:

– для раствора без органического пластификатора

$$V = 0,5(Q_B + Q_d); \quad (6.5)$$

– для раствора с органическим пластификатором

$$V = 0,65(Q_B + Q_d), \quad (6.6)$$

где Q_B , Q_d – расход вяжущего, добавки (глиняное или известковое тесто), кг.

Фактический расход воды уточняют на пробных замесах методом последовательных приближений до получения растворной смеси требуемой подвижности.

4. Определяют расход органических пластификаторов по табл. 6.3.

Таблица 6.3. Расход органических пластификаторов

| Органический пластификатор | Расход, кг/м^3 , в виде раствора 5%-ной концентрации при замене в растворе известкового теста | |
|----------------------------|--|---------|
| | полной | на 50 % |
| Мылонафт | 1...2 | 0,5...1 |
| ЦНИПС-1 | 2...5,5 | 1...2,7 |
| Отходы соопстока | 2...3,5 | 1...1,7 |

Применение органических пластификаторов микронаполнителей позволяет уменьшить на 50 % расход извести в цементно-известковых растворах или даже полностью отказаться от добавления извести.

При 50%-ной замене извести при положительных температурах

нормативное сопротивление кладки не снижается, при производстве кладки методом замораживания нормативное сопротивление кладки следует снизить на 10 %.

При замене извести органическим пластификатором полностью нормативное сопротивление кладки следует уменьшить на 10 % в летних условиях и на 15 % в зимних при производстве работ методом замораживания.

5. Вычисляют расход песка $Q_{п}$, кг, по формуле

$$Q_{п} = V_{п} \rho_{п.п}, \quad (6.7)$$

где $V_{п}$ – объем песка, равный 1 м^3 ;

$\rho_{п.п}$ – насыпная плотность песка, кг/м^3 .

Экспериментальная проверка и корректирование состава раствора

Для проверки состава раствора готовят лабораторный замес, на котором определяют подвижность, среднюю плотность, расслаиваемость, водоудерживающую способность растворной смеси, прочность и морозостойкость (если предъявляются требования по морозостойкости) затвердевшего раствора.

Расход песка берется равным объему лабораторного замеса. Количество вяжущего, добавок и воды $Q_{м.л}$, кг, определяют по формуле

$$Q_{м.л} = \frac{Q_{м} V_{л.з}}{1000}, \quad (6.8)$$

где $Q_{м}$ – расход материалов (вяжущего, минеральной добавки, химической добавки, воды, песка), кг на 1 м^3 песка;

$V_{л.з}$ – объем лабораторного замеса, л.

Подвижность растворной смеси достигается методом последовательных приближений путем изменения расхода воды.

При недостаточной водоудерживающей способности и при расслаиваемости растворной смеси в ее состав вводят известь, глину, активные минеральные или химические добавки.

Откорректировав состав раствора по подвижности, водоудерживающей способности и расслаиваемости растворной смеси, проверяют прочность раствора. Для этого готовят дополнительно еще два лабораторных замеса с одинаковой подвижностью растворной смеси: один с расходом цемента на 10...20 % большим, второй – на 10...20 %

меньшим, чем у основного замеса. Строят зависимость между расходом вяжущего и прочностью раствора и уточняют по ней расход вяжущего.

Объем замеса $V_{л.з}$, m^3 , после корректирования состава растворной смеси рассчитывают по формуле

$$V_{л.з} = \frac{Q_{в.з} + Q_{д.з} + B_з + Q_{п.з}}{\rho_{р.см}}, \quad (6.9)$$

где $Q_{в.з}$, $Q_{д.з}$, $B_з$, $Q_{п.з}$ – масса составляющих материалов на замес, кг;
 $\rho_{р.см}$ – средняя плотность растворной смеси, kg/m^3 .

Имея объем растворной смеси и расход материалов на лабораторный замес, определяют расход материалов в килограммах на $1 m^3$ растворной смеси по следующим формулам:

$$Вяж = Q_{в.з} \frac{1}{V_з}; \quad Д = Q_{д.з} \frac{1}{V_з}; \quad (6.10)$$

$$В = B_з \frac{1}{V_з}; \quad П = Q_{п.з} \frac{1}{V_з}.$$

Расход материалов в кубических метрах на $1 m^3$ растворной смеси вычисляют по следующим формулам:

$$Вяж' = \frac{Вяж}{\rho_{н.в}}; \quad Д' = \frac{Д}{\rho_д}; \quad (6.11)$$

$$В' = \frac{В}{\rho_в}; \quad П' = \frac{П}{\rho_{п.п}}.$$

Далее определяют соотношение объемных частей вяжущего, добавки песка:

$$\frac{Вяж'}{Вяж'} : \frac{Д'}{Вяж'} : \frac{П'}{Вяж'} = 1 : \frac{Д'}{Вяж'} : \frac{П'}{Вяж'}. \quad (6.12)$$

6.2. Испытание растворной смеси (ГОСТ 5802)

Основными свойствами растворной смеси, по которым оценивают ее качество, являются подвижность, плотность, расслаиваемость и вододерживающая способность.

6.2.1. Приготовление лабораторного замеса

Оборудование и материалы: цемент, вода, известковое или глиняное тесто; сито с сеткой № 09; сито с отверстиями диаметром 2,5 мм; мерный цилиндр вместимостью 1000 мл; металлический боек; кельма; технические весы; секундомер.

Проведение испытаний. Рассчитав расход материалов на пробный замес, приступают к его приготовлению. Вначале проводят подготовительные работы. Песок просеивают через сито с отверстиями диаметром 2,5 мм. Цемент просеивают через сито с сеткой № 09. Приготавливают около 1 кг известкового или глиняного теста. Материалы выдерживают до температуры помещения лаборатории, которая должна быть $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$. Затем отвешивают необходимые материалы и приступают к непосредственному приготовлению пробного замеса. Боек и кельму протирают влажной тканью. Песок высыпают на боек, к нему добавляют цемент и перемешивают кельмой в течение 5 мин. Затем смешивают известковое или глиняное тесто с водой и получают известковое или глиняное молоко, которым затворяют смесь и перемешивают в течение 5 мин. При последующем корректировании состава растворной смеси, после добавления материалов, замес следует перемешать еще 5 мин.

6.2.2. Определение подвижности растворной смеси

Подвижностью растворной смеси называют способность смеси легко растекаться по поверхности камня и заполнять все его неровности. Определяют ее по глубине погружения эталонного конуса (в сантиметрах). Подвижность растворной смеси зависит от назначения раствора и принимается равной: для растворов, применяемых для монтажа и расшивки швов стен из панелей и крупных бетонных блоков, – 5...7 см; для кладки из обыкновенного керамического кирпича, бетонных камней и камней из легких пород – 9...13 см; для кладки из пустотелого кирпича и керамических камней – 7...8 см; для обычной бутовой кладки – 4...6 см; для заливки пустот в ней – 13...14 см и для вибрированной бутовой кладки – 1...3 см.

Оборудование и материалы: растворная смесь; прибор для определения подвижности; штыковка диаметром 12 мм, длиной 300 мм; кельма; секундомер.

Выполнение работы. Подвижность растворной смеси определяют при помощи прибора (рис. 6.1), который состоит из эталонного конуса высотой 145 мм, диаметром 75 мм и стержня общей массой 300 г, которые при помощи держателя соединены со стойкой штатива. На держателе крепится шкала с делениями, по которой отсчитывают глубину погружения конуса в растворную смесь. Сосуд для растворной смеси изготовлен в виде усеченного конуса с диаметром нижнего основания 150 мм, верхнего – 250 мм и высотой 180 мм.

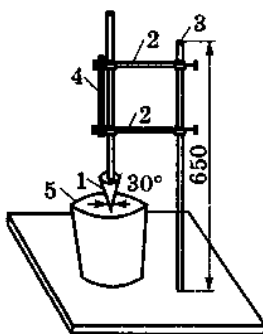


Рис. 6.1. Прибор для определения подвижности растворной смеси:
1 – конус; 2 – кронштейн; 3 – стойка;
4 – линейка; 5 – ведро

Проведение испытаний. Поверхности конуса и сосуда, соприкасающиеся с растворной смесью, протирают влажной тканью. Сосуд заполняют растворной смесью на 10 мм ниже его краев, уплотняют штыковкой диаметром 12 мм 25 раз и потом встряхивают легким постукиванием о стол 5...6 раз. Острие конуса подводят до соприкосновения с поверхностью раствора и закрепляют стержень зажимным винтом. Затем отворачивают зажимный винт и дают возможность конусу погружаться в растворную смесь в течение 1 мин, после чего по шкале определяют глубину его погружения. Подвижность растворной смеси вычисляют как среднее арифметическое значение из результатов двух испытаний на разных пробах одного замеса растворной смеси. Различие не должно превышать 20 мм, в противном случае испытание следует повторить на новой пробе растворной смеси.

6.2.3. Определение плотности растворной смеси

Оборудование и материалы: растворная смесь; стальной цилиндрический мерный сосуд объемом 1000 мл; насадка к сосуду; металлический стержень (штыковка) $d = 12$ мм; весы; стальная линейка.

Проведение испытаний. Плотность растворной смеси определяют в цилиндрическом мерном сосуде объемом 1000 см^3 с насадкой. Сосуд взвешивают, надевают на него насадку, заполняют растворной смесью с некоторым избытком и уплотняют штыкованием металлическим стержнем 25 раз и постукиванием о стол 5...6 раз. Затем насадку снимают, избыток растворной смеси срезают линейкой вровень с краями сосуда, очищают тканью стенки от раствора и снова взвешивают с точностью до 2 г.

Обработка результатов. Плотность растворной смеси вычисляют по формуле

$$\rho_{\text{р.см}} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (6.13)$$

где $\rho_{\text{р.см}}$ – плотность растворной смеси, г/см^3 ;

m – масса мерного сосуда с растворной смесью, г;

m_1 – масса пустого мерного сосуда, г;

V – объем мерного сосуда, см^3 .

За плотность растворной смеси принимают среднее арифметическое значение двух определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5 %. Результаты испытаний записывают в табл. 6.4.

Т а б л и ц а 6.4. Результаты испытаний

| Показатель | Номер испытания | |
|--|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса мерного сосуда с растворной смесью m , г | | |
| Масса пустого мерного сосуда m_1 , г | | |
| Объем сосуда V , см^3 | | |
| Плотность растворной смеси отдельного определения $\rho_{\text{р.см}}$, г/см^3 | | |
| Среднее значение плотности растворной смеси из двух определений $\rho_{\text{р.см}}$, г/см^3 | | |

6.2.4. Определение расслаиваемости растворной смеси

Расслаиваемость растворной смеси характеризует ее связность при хранении или при динамическом воздействии в результате перевозки или вибрирования. Расслаиваемость происходит от недостаточной связи частиц смеси. Она не должна превышать 10 %. Ее понижают введением известкового или глиняного теста.

Оборудование и материалы: растворная смесь; формы стальные размером 150×150×150 мм; лабораторная виброплощадка; весы лабораторные; шкаф сушильный; сито с сеткой № 014; противень; стальной стержень (штыковка) диаметром 12 мм, длиной 300 мм.

Проведение испытаний. Расслаиваемость растворной смеси определяют следующим образом. Предварительно стальную форму размером 150×150×150 мм заполняют перемешанной растворной смесью и уплотняют металлической штыковкой 25 раз и пяти-шестикратным постукиванием о стол. Затем форму со смесью закрепляют жестко на виброплощадке и вибрируют в течение 1 мин.

После вибрирования растворную смесь разделяют на две части. Верхнюю часть выкладывают на один противень, а нижнюю выгружают опрокидыванием на второй противень. Разделенные части взвешивают с точностью до 2 г и подвергают мокрому рассеву на сите с сеткой № 014 с промывкой струей воды до полного удаления вяжущего и добавок.

Отмытый песок из верхней и нижней частей отформованного образца переносят на чистые противни, высушивают до постоянной массы при температуре 105...110 °С, взвешивают с точностью до 2 г и определяют его содержание в процентах по формулам:

$$a_{\text{в}} = \frac{m_1}{m_2} 100; \quad a_{\text{н}} = \frac{m'_1}{m'_2} 100. \quad (6.14)$$

Тогда

$$\Delta a = a_{\text{в}} - a_{\text{н}} \quad \text{и} \quad \Sigma a = a_{\text{в}} + a_{\text{н}},$$

где $a_{\text{в}}$ и $a_{\text{н}}$ – содержание отмытого песка из верхней и нижней частей образца, %;

m_1 и m'_1 – масса отмытого сухого песка из верхней и нижней частей образца, г;

m_2 и m'_2 – масса растворной смеси отобранной пробы из верхней и нижней частей образца, г;

Δa – абсолютная величина разности между содержанием песка в верхней и нижней частях образца, %;

Σa – общее количество песка в верхней и нижней частях образца, %.

Расслаиваемость растворной смеси в процентах определяют по формуле

$$P = \frac{\Delta a}{\Sigma a} 100. \quad (6.15)$$

Определение выполняют дважды для каждой пробы. Результаты не должны отличаться больше чем на 20 % от наименьшего значения. При большем отличии испытание повторяют на новой пробе растворной смеси. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух определений. Результаты испытаний записывают в табл. 6.5.

Таблица 6.5. **Определение расслаиваемости растворной смеси**

| Показатель | Номер испытания | |
|---|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса отмытого высушенного песка из верхней части образца m_1 , г | | |
| Масса отмытого высушенного песка из нижней части образца m'_1 , г | | |
| Масса растворной смеси отобранной пробы из верхней части образца m_2 , г | | |
| Масса растворной смеси отобранной пробы из нижней части образца m'_2 , г | | |
| Содержание отмытого песка в верхней части отформованного образца a_n , % | | |
| Содержание отмытого песка в нижней части отформованного образца a'_n , % | | |
| Абсолютная величина разности между содержанием песка в верхней и нижней частях образца Δa , % | | |
| Общее количество песка в верхней и нижней частях образца Σa , % | | |
| Расслаиваемость растворной смеси отдельного определения P , % | | |
| Среднее значение расслаиваемости растворной смеси из двух определений P , % | | |

6.2.5. Определение водоудерживающей способности растворной смеси

Водоудерживающей способностью растворной смеси называется способность ее удерживать воду в своем составе при отсосе пористым основанием. В результате обезвоживания может оказаться, что воды в растворной смеси останется недостаточно для твердения раствора и он не наберет необходимой прочности.

Водоудерживающая способность растворной смеси повышается при введении в ее состав извести, глины, активных минеральных добавок, химических добавок.

Водоудерживающая способность свежеприготовленной растворной смеси в лабораторных условиях для летних растворов должна составлять не менее 95 % и для зимних – не менее 90 %.

Водоудерживающая способность растворной смеси на месте производства работ должна быть не менее 75 % от установленной в лабораторных условиях.

Оборудование и материалы: растворная смесь; листы промокательной бумаги; прокладки из марлевой ткани; металлическое кольцо с внутренним диаметром 100 мм, высотой 12 мм, толщиной стенки 5 мм; стеклянная пластинка размером 150×150 мм, толщиной 5 мм; весы.

Проведение испытаний. Водоудерживающую способность растворной смеси определяют на специальном приборе, состоящем из кольца, листов промокательной бумаги, прокладки из марлевой ткани и стеклянной пластинки (рис. 6.2).

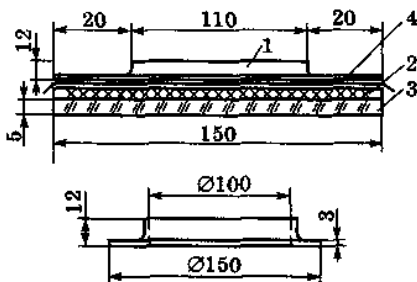


Рис. 6.2. Схема прибора для определения водоудерживающей способности растворной смеси:

1 – металлическое кольцо с раствором;

2 – десять слоев промокательной бумаги;

3 – стеклянная пластинка; 4 – слой марлевой ткани

Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги размером 150×150 мм взвешивают с точностью до 0,1 г, укладывают на стеклянную пластинку, сверху кладут прокладку из марлевой ткани, на них устанавливают металлическое кольцо и все вместе взвешивают. Растворную смесь, предварительно перемешанную, укладывают в металлическое кольцо, выравнивают уровень с краями, взвешивают и оставляют на 10 мин. Затем вместе с марлей снимают металлическое кольцо

с раствором, а промокательную бумагу взвешивают с точностью до 0,1 г.

Обработка результатов. Водоудерживающая способность V , %, характеризуется содержанием воды в пробе до и после эксперимента и определяется по формуле

$$V = 100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} 100, \quad (6.16)$$

где V – водоудерживающая способность, %;

m_1 – масса промокательной бумаги до испытания, г;

m_2 – масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 – масса установки без растворной смеси, г;

m_4 – масса установки с растворной смесью, г.

Испытания растворной смеси выполняют дважды на отдельной пробе и вычисляют как среднее арифметическое значение из двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 % от наименьшего значения. Результаты испытания записывают в табл. 6.6.

Таблица 6.6. **Определение водоудерживающей способности**

| Показатель | Номер испытания | |
|--|-----------------|---|
| | 1 | 2 |
| Масса промокательной бумаги до испытания m_1 , г | | |
| Масса промокательной бумаги после испытания m_2 , г | | |
| Масса установки без растворной смеси m_3 , г | | |
| Масса установки с растворной смесью m_4 , г | | |
| Водоудерживающая способность растворной смеси отдельного определения V , % | | |
| Водоудерживающая способность растворной смеси V , % | | |

6.3. Испытание затвердевшего раствора

Основными характеристиками затвердевшего раствора являются его прочность, средняя плотность, водопоглощение, влажность и морозостойкость. Они задаются и контролируются в процессе производства работ и эксплуатации кладок.

6.3.1. Определение прочности раствора на сжатие

Оборудование и материалы: растворная смесь; разъемные стальные формы с поддоном и без поддона размером 70,7×70,7×70,7 мм; пресс гидравлический; керамический обыкновенный кирпич; газетная

бумага; штангенциркуль; стержень стальной диаметром 12 мм, длиной 300 мм; шпатель; весы; машинное масло.

Проведение испытаний. Прочность раствора определяют испытанием образцов-кубов размером 70,7×70,7×70,7 мм на сжатие в возрасте 28 суток или другом возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора, по ГОСТ 5802.

Если растворная смесь имеет подвижность 5 см и более, образцы изготовляют в формах без поддона, если же менее 5 см – в формах с металлическим поддоном.

Форму без поддона устанавливают на кирпич с влажностью не более 2 % и водопоглощением 10...15 % по массе, имитируя таким образом условия твердения раствора в кладке. Перед заполнением растворной смесью формы с внутренней поверхности смазывают машинным маслом.

При изготовлении образцов из смеси подвижностью 5 см и более формы устанавливают на кирпич, покрытый газетной бумагой, смоченной водой. Кирпичи должны быть притерты для устранения неровностей. Повторное применение кирпичей не допускается. Затем форму заполняют растворной смесью с избытком и уплотняют штыковой 25 раз в каждом отсеке по окружности от центра к краям. Через некоторое время после того, как поверхность растворной смеси станет матовой вследствие отсоса части воды кирпичом, избыток срезают вровень с краями формы.

При изготовлении образцов из смеси подвижностью менее 5 см формы с поддоном заполняют в два слоя и каждый слой уплотняют призматическим конусом шпателя с уплотняющей поверхностью 60×10 мм 12 нажимами: шесть – в одном направлении и шесть – в противоположном.

Образцы, изготовленные из растворных смесей на портландцементях, хранят одни сутки в формах; изготовленные из растворных смесей на шлакопортландцементях, пуццолановых портландцементях, с добавками-замедлителями схватывания, а также образцы зимней кладки, находящиеся на открытом воздухе, хранят в формах в течение 2...3 суток при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95...100 %. Затем их освобождают от форм и хранят в течение 3 суток опять же в камере нормального твердения. Последующее время до начала испытания образцы выдерживают в следующих условиях: для растворов, твердеющих на воздухе, – в помещении при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 10)\%$; для растворов, твердеющих во влажной среде, – в воде.

При отсутствии камеры нормального твердения допускается хранение образцов во влажном песке или опилках.

Образцы, изготовленные на воздушных вяжущих, хранят одни сутки в формах при температуре (20 ± 2) °С в помещении с относительной влажностью (65 ± 10) %, затем освобождают от форм и до испытания выдерживают в тех же условиях.

Образцы, твердеющие в воде, вынимают за 10 мин до начала испытания и вытирают.

Прочность при сжатии определяют путем испытания образцов-кубов на гидравлическом прессе. Шкалу измерителя прессы выбирают из условия, что разрушающая нагрузка должна находиться в интервале 20...80 % от максимальной нагрузки, допускаемой шкалой.

Скорость приложения нагрузки должна быть $(0,6 \pm 0,4)$ МПа в секунду. Образец устанавливают боковыми поверхностями на нижнюю плиту прессы так, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки растворной смеси в форме. Предварительно измеряют размеры образцов с точностью ± 1 %. Площадь сечения образца определяют как среднее арифметическое значение площадей двух противоположных граней.

Обработка результатов. Предел прочности при сжатии с погрешностью до 0,01 МПа вычисляют по формуле

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{F}, \quad (6.17)$$

где $R_{\text{сж}}$ – предел прочности при сжатии, МПа;

P – разрушающая сила, Н;

F – площадь сечения образца, м².

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов. Результаты испытаний записывают в табл. 6.7.

Т а б л и ц а 6.7. **Определение прочности раствора на сжатие**

| Показатель | Номер образца | | |
|--|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Разрушающая сила P , Н | | | |
| Площадь сечения образца F , м ² | | | |
| Предел прочности при сжатии отдельного образца $R_{\text{сж}}$, МПа | | | |
| Среднее значение предела прочности $R_{\text{сж}}$, МПа | | | |

Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМОВ

Битумы бывают природные и искусственные. Искусственные битумы, в свою очередь, подразделяются на нефтяные, сланцевые и торфяные. В строительстве применяются в основном нефтяные битумы. В зависимости от физико-механических свойств битумы подразделяются на вязкие, твердые и жидкие. Вязкие битумы подразделяются на нефтяные дорожные и нефтяные строительные.

При качественной оценке нефтяного битума определяют следующие его основные свойства: температуру размягчения, вязкость, растяжимость и температуру вспышки. Их сравнивают с требованиями ГОСТа, приведенными в табл. 7.1, и таким образом оценивают качество.

Таблица 7.1. Физико-механические свойства нефтяных битумов

| Марка битума | Глубина проникновения иглы, град | | Температура, °С | | | Растяжимость, см | |
|---|----------------------------------|----------|----------------------|------------------|--------------------|------------------|----------|
| | при 25 °С | при 0 °С | размягчения, не ниже | вспышки, не ниже | хрупкости, не ниже | при 20 °С | при 0 °С |
| Битумы нефтяные строительные (ГОСТ 6617) | | | | | | | |
| БН-50/50 | 41...60 | – | 50...60 | 230 | – | 40 | – |
| БН-70/30 | 21...40 | – | 70...60 | 240 | – | 3 | – |
| БН-90/10 | 5...20 | – | 90...105 | 240 | – | 1 | – |
| Битумы нефтяные кровельные (ГОСТ 9548) | | | | | | | |
| БНК-45/180 | 140...220 | – | 40...50 | 240 | – | – | – |
| БНК-45/190 | 160...220 | – | 40...50 | 240 | – | – | – |
| БНК-90/40 | 35...45 | – | 85...95 | 240 | –20 | – | – |
| БНК-90/30 | 25...35 | – | 85...95 | 240 | –10 | – | – |
| Битумы нефтяные дорожные вязкие (ГОСТ 22245) | | | | | | | |
| БНД-200/300 | 201...300 | 45 | 35 | 200 | –20 | – | 20 |
| БНД-130/200 | 130...200 | 35 | 39 | 220 | –18 | 65 | 6 |
| БНД-90/130 | 91...130 | 28 | 43 | 220 | –17 | 60 | 4,2 |
| БНД-60/90 | 61...90 | 20 | 47 | 220 | –15 | 50 | 3,5 |
| БНД-40/60 | 40...60 | 13 | 51 | 220 | –10 | 40 | – |
| БН-200/300 | 201...300 | 24 | 33 | 200 | –14 | – | – |
| БН-130/200 | 131...200 | 18 | 37 | 220 | –12 | 70 | – |
| БН-90/130 | 91...130 | 15 | 40 | 220 | –10 | 60 | – |
| БН-60/90 | 60...90 | 10 | 45 | 220 | –4 | 50 | – |
| Битумы нефтяные изоляционные (ГОСТ 9812) | | | | | | | |
| БНИ-1У-3 | 30...50 | 15 | 65...75 | 250 | – | 4 | – |
| БНИ-1У | 25...40 | 12 | 75...85 | 250 | – | 3 | – |
| БНИ-У | 20...40 | 9 | 90...100 | 240 | – | 2 | – |

7.1. Определение температуры размягчения (ГОСТ 11506)

Оборудование и материалы: проба битума массой 50 г; стакан фарфоровый или металлический для расплавления битума; палочка стеклянная или металлическая; стеклянная пластинка; тальк или декстрин; нож; прибор «Кольцо и шар»; дистиллированная вода; глицерин; газовая горелка или электроплитка; пинцет; секундомер.

Проведение испытаний. При наличии в битуме влаги его обезвоживают. Для этого пробу массой 50 г нагревают в зависимости от вязкости до температуры на 80...100 °С выше ожидаемой температуры размягчения, но не выше 180 и не ниже 120 °С. Затем расплавленный битум процеживают через сито с отверстиями диаметром 0,7 мм и перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха, после чего применяют для испытания.

Температуру размягчения битума определяют на приборе «Кольцо и шар» (рис. 7.1), который состоит из трех скрепленных между собой дисков и стеклянного стакана.

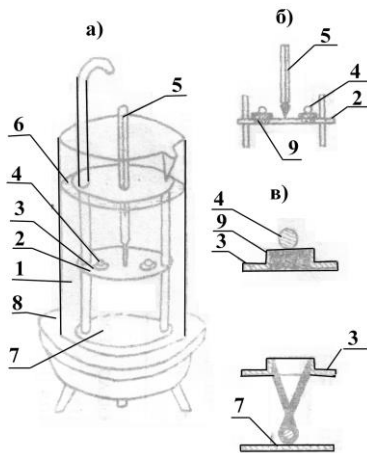


Рис. 7.1. Определение температуры размягчения битума:
а – прибор «Кольцо и шар»; *б* – размещение колец на средней полке;
в – проход битума с шариком через кольцо;
1 – огнестойкий стакан; 2 – металлический диск с гнездами;
3 – латунное кольцо; 4 – металлический шар; 5 – термометр;
6 – вода; 7 – нижний металлический диск; 8 – электроплитка;
9 – испытуемый битум

Расстояние между нижним и средним дисками составляет 25,0...25,4 мм. В среднем диске имеются отверстия, в которые вставляются два латунных кольца. В центре верхнего диска имеется отверстие для термометра, с помощью которого замеряется температура жидкости. Ртутный шарик во время испытания должен упираться в средний диск.

Проведение испытаний. Вначале заливают латунные кольца битумом. При испытании битумов с температурой размягчения ниже 80 °С применяют латунные гладкие кольца с внутренним диаметром (15,7 + 0,24) мм и высотой 6,35 мм, при температуре размягчения свыше 80 °С – ступенчатые кольца с верхним внутренним диаметром (17,7 + 0,24) мм и нижним внутренним диаметром (15,7 + 0,24) мм, высотой 6,35 мм.

Кольца нагревают до предполагаемой температуры размягчения битума, укладывают на металлическую или стеклянную пластинку, смазанную смесью декстрина с глицерином или талька с глицерином в соотношении 1:3, и заполняют с некоторым избытком расплавленным битумом. При испытании битума с температурой размягчения в интервале 30...110 °С кольца с битумом охлаждают в течение 30 мин при температуре (25 ± 10) °С, а затем срезают избыток. Если битум имеет температуру размягчения более 110 °С, то избыток срезают после охлаждения в течение 5 мин, а затем выдерживают еще 15 мин. При температуре размягчения ниже 30 °С кольцо с битумом помещают на 30 мин в стакан с водой с температурой на (8 ± 1) °С ниже предполагаемой температуры размягчения битума, а затем срезают вровень с краями.

Кольцо с битумом устанавливают в отверстия среднего диска подвески, которую опускают в стакан из термостойкого стекла диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм, заполненный жидкостью. Уровень жидкости в стакане должен быть выше колец не менее чем на 5 см.

Если температура размягчения битума ниже 80 °С, стакан заполняют дистиллированной свежекипяченой водой с температурой (5 ± 1) °С. Для битумов с температурой размягчения свыше 80 до 110 °С стакан заполняют смесью воды и глицерина в соотношении 1:2 и для битумов с температурой размягчения свыше 110 °С – глицерином с температурой (34 ± 1) °С.

Кольца с битумом выдерживают в жидкостях в течение 10 мин, за-

тем вынимают вместе с подвеской и на каждое укладывают пинцетом стальной шарик диаметром 9,525 мм и массой $(3,5 \pm 0,05)$ г. Шарик предварительно выдерживают в стакане с жидкостями, где он охлаждается до $(5 \pm 0,5)$ °С или нагревается до (34 ± 1) °С.

Затем прибор снова помещают в стакан, ставят на асбестовую сетку и нагревают со скоростью 5 °С в минуту. Битум размягчается, и стальной шарик его продавливает.

За температуру размягчения битума принимают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижнего диска подвески.

За расчетную температуру размягчения принимают среднее арифметическое значение из двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 1 °С при температуре размягчения до 80 °С и 2 °С – свыше 80 °С. Результаты испытания записывают в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.2. **Определение температуры размягчения**

Температура воды, смеси воды и глицерина,
глицерина во время опыта _____ °С
Скорость нагревания жидкости _____ °С/мин

| Номер кольца прибора | Номер опыта | |
|-------------------------------------|-------------|---|
| | 1 | 2 |
| Температура размягчения, °С | | |
| Средняя температура размягчения, °С | | |

7.2. Определение вязкости (ГОСТ 11501)

Оборудование и материалы: проба битума; сушильный шкаф или песчаная баня; сито с отверстиями 0,6...0,8 мм; пенетромтр; секундомер; бензол или скипидар.

Проведение испытаний. Характеристикой структурно-механических свойств битума является вязкость. Вязкость определяют по условному показателю – глубине проникновения иглы в битум при определенной нагрузке, температуре и времени погружения на приборе, называемом пенетромтр. Пенетромтр (рис. 7.2) состоит из металлического штатива, столика, циферблата и падающего стержня с иглой и грузом, закрепленных на кронштейнах.

Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют

в сушильном шкафу или песчаной бане, перемешивают до удаления пузырьков воздуха и наливают в металлическую чашку (диаметром 55 мм и высотой 35 мм) на высоту не менее 30 мм. Выдерживают битум на воздухе при температуре 18...20 °С в течение 1 ч. Слой воды над битумом должен быть не менее 25 мм. Температуру поддерживают, добавляя холодную или горячую воду.

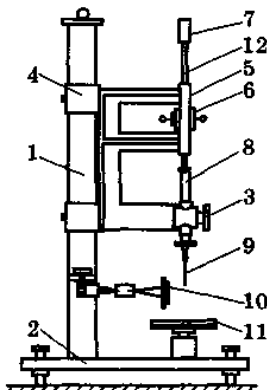


Рис. 7.2. Пенетрометр:

- 1 – стойка; 2 – опорная площадка;
- 3 – стопорная кнопка; 4 – кронштейн;
- 5 – лимб; 6 – стрелка; 7 – кремальера;
- 8 – свободно падающий стержень с грузом;
- 9 – игла; 10 – зеркало; 11 – вращающийся столик;
- 12 – пружина

После выдерживания в воде чашку с битумом помещают в кристаллизатор, заполненный водой с температурой 25 °С, и устанавливают на столике пенетromетра. Подводят острие иглы к поверхности битума, а кремальеру – до прикосновения с верхней частью стержня с иглой. Отмечают положение стрелки на шкале циферблата. Затем погружают иглу в битум на 5 с, для чего нажимают стопорную кнопку и одновременно включают секундомер. Через 5 с кнопку отпускают. После этого доводят кремальеру до верхнего конца стержня и отмечают второе положение стрелки на шкале циферблата.

Разность показаний стрелки первого и второго отсчетов указывает глубину проникновения иглы в градусах. Один градус соответствует 0,1 мм погружения иглы в битум.

Испытания повторяют три раза в разных точках на поверхности образца, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм. После каждого погружения в битум иглу отмывают от приставшего битума бензином, бензолом или скипидаром и вытирают насухо.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из трех определений. Расхождение не должно превышать значений, приведенных в табл. 7.3.

Т а б л и ц а 7.3. Глубина проникновения иглы

| | | | | |
|----------------------------------|-----------|----------|---------|-------|
| Глубина проникновения иглы, град | 150...200 | 75...150 | 25...75 | До 25 |
| Расхождение, град | 10 | 5 | 3 | 1 |

При больших расхождениях испытания повторяют. Полученные данные записывают в табл. 7.4.

Т а б л и ц а 7.4. Определение вязкости битума

Температура битума в воде _____ °С

Нагрузка на иглу _____ г

| | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|------------------|
| Номер определения | 1 | 2 | 3 | Среднее значение |
| Глубина проникновения иглы, град | | | | |

7.3. Определение растяжимости (ГОСТ 11505)

Оборудование и материалы: проба битума; горелка газовая или электроплитка; сито с отверстиями 0,7 мм; дуктилометр; латунные формы (восьмерки); тальк; глицерин; нож; стеклянная или металлическая пластинка; вода; поваренная соль или спирт этиловый; бумага папиросная.

Растяжимостью, или дуктильностью, называют свойство битума вытягиваться в тонкие нити под воздействием растягивающей силы.

Растяжимость определяют в дуктилометре (рис. 7.3), который представляет собой металлический ящик, по длине которого движется червячный винт с салазками, передвигающимися по винту, вращаемому электродвигателем. Имеется линейка со шкалой, по которой можно определить длину.

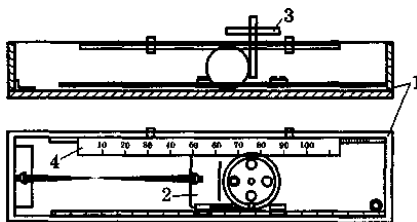


Рис. 7.3. Дуктилометр:
 1 – металлический ящик; 2 – салазки;
 3 – маховик; 4 – шкала с делениями

Проведение испытаний. Вначале при наличии влаги в битуме его обезвоживают, как указано в подп. 7.1. Затем изготовляют образцы-восьмерки. Для этого формы образцов с внутренней стороны смазывают смесью талька с глицерином в соотношении 1:3 или декстрина с глицерином в соотношении 1:2 и устанавливают на стеклянную или металлическую пластинку, также смазанную вышеупомянутым составом, и заливают подготовленным к испытанию расплавленным битумом. После заливки формы с битумом охлаждают на воздухе при температуре не ниже $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30...40 мин, а затем горячим ножом в два приема от середины формы к краям срезают избыток битума. Изготовленные таким образом образцы с формой и пластинкой выдерживают в ящике дуктилометра в течение 1 ч в воде с температурой $(25 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$. Слой воды над образцом должен быть не менее 25 мм. Температуру воды поддерживают доливанием горячей или холодной воды или добавляют лед.

Затем образцы, снятые с пластинок, закрепляют на штифтах салазок дуктилометра, удаляют боковые части форм и включают электродвигатель, растягивая образцы со скоростью 5 см/мин. Следят, чтобы температура воды была $(25 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ее слой над образцом – не менее 25 мм. Длину нити в сантиметрах в момент ее разрыва, отмеченную на линейке указателем, принимают за показатель растяжимости.

Если битум имеет среднюю плотность, отличную от плотности воды, то плотность воды изменяют и доводят до средней плотности битума добавлением раствора поваренной соли, или глицерина, или этилового спирта. За конечный результат принимают среднее арифметическое значение из трех определений. Полученные результаты записывают в табл. 7.5.

Т а б л и ц а 7.5. Определение растяжимости битума

Температура воды во время испытания _____ °С

Скорость растяжения образца _____ см/мин

| Номер определения | 1 | 2 | 3 | Среднее значение |
|-------------------|---|---|---|------------------|
| Растяжимость, см | | | | |

7.4. Определение температуры вспышки (ГОСТ 4333)

Оборудование и материалы: проба битума; сушильный шкаф; сито с отверстиями 0,6...0,8 мм; прибор для определения температуры вспышки битума; бензин.

Проведение испытаний. Температуру, при которой пары нагретого битума образуют с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении пламени, называют температурой вспышки. Она характеризует огнестойкость битумов и важна для установления безопасного технологического режима их расплавления и смешивания с растворителями и наполнителями.

Температуру вспышки определяют на специальном приборе (рис. 7.4), состоящем из большого металлического наружного и малого фарфорового внутреннего тиглей, подогреваемых газовой горелкой. Пространство между тиглями заполняется прокаленным песком с таким расчетом, чтобы уровень песка был на 12 мм ниже края тигля, а слой песка между доньями тиглей имел толщину 5...8 мм.

Перед испытанием малый тигель промывают бензином, высушивают над горелкой и вставляют в большой тигель. Затем заполняют его обезвоженным процеженным разогретым битумом, не доливая до краев на 12 мм, и погружают в него посередине термометр. Наружный тигель нагревают пламенем газовой горелки со скоростью 10 °С в минуту в начале испытания.

За 40 мин до ожидаемой температуры вспышки скорость уменьшают до 4 °С в минуту.

За 10 мин до ожидаемой температуры вспышки подводят зажигающее устройство, медленно проводят им по краю тигля на расстоянии 10...14 мм от поверхности испытуемого битума и следят за температурой битума.

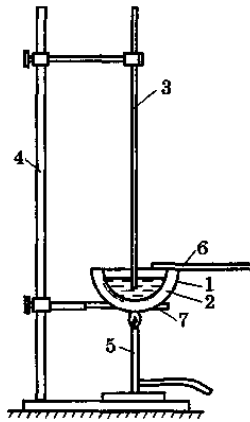


Рис. 7.4. Прибор для определения температуры вспышки битума:

- 1 – металлический тигель;
- 2 – фарфоровый тигель;
- 3 – термометр; 4 – штатив;
- 5 – горелка; 6 – зажигательное устройство; 7 – кольцо

За температуру вспышки битума принимают момент появления синего пламени над поверхностью битума. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение температур вспышки битума из двух определений (табл. 7.6).

Т а б л и ц а 7.6. **Определение температуры вспышки**

| Номер определения | 1 | 2 | Среднее значение |
|-------------------------|---|---|------------------|
| Температура вспышки, °C | | | |

Раздел 2. ГРАЖДАНСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ

Глава 1. ПОНЯТИЯ О ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Здания – наземные постройки, предназначенные для отдыха, работы, учебы и т. д.

Сооружения – постройки технического назначения, функционирование которых не связано с пребыванием людей (кроме эксплуатации и обслуживания): мосты, плотины, дымовые трубы, подстанции.

1.1. Классификация зданий и сооружений

Классификация зданий.

1. По назначению:

- а) гражданские;
- б) промышленные;
- в) сельскохозяйственные.

Гражданские здания включают в себя *жилые*, предназначенные для временного или постоянного пребывания людей, и *общественные*, предназначенные для временного пребывания людей в связи с осуществлением в них различных функциональных процессов (отдых, спорт, медицинское обслуживание и др.).

2. По этажности:

- а) одноэтажные;
- б) малоэтажные (2...3 этажа);
- в) многоэтажные (4...9 этажей);
- г) повышенной этажности (10 и более этажей);
- д) высотные (более 20 этажей).

Этаж – помещение, расположенное между плитами перекрытия.

Этажи подразделяются:

- а) на надземные (при расположении пола выше уровня грунта);
- б) подземные (при заглублении пола на половину высоты помещения ниже уровня грунта);
- в) технические, которые предназначены для размещения инженерного оборудования высотой более 2 м. Технический этаж может быть расположен в нижней, верхней или средней части здания. Технический этаж, расположенный в уровне отметок подвального, цокольного или надземного этажа, называется *техническим подпольем*, а при располо-

жении в верхней части – *техническим чердаком*;

г) мансардные (эксплуатируемые чердачные помещения).

3. По способу возведения:

а) сборные;

б) монолитные;

в) сборно-монолитные.

4. По конструкции стен:

а) каменные (кирпичные, бетонные, железобетонные, панельные);

б) деревянные.

5. По степени огнестойкости (т. е. по способности конструкции сохранять при пожаре несущие и ограждающие функции) здания подразделяют согласно строительным нормам Республики Беларусь на восемь степеней в зависимости от класса пожарной опасности и предела огнестойкости конструкций. Первая степень характеризует наибольшую огнестойкость, восьмая – наименьшую.

6. По степени долговечности (т. е. по способности конструктивных элементов сохранять требуемые эксплуатационные качества):

а) со сроком службы более 100 лет;

б) со сроком службы 50...100 лет;

в) со сроком службы 20...50 лет (жилые дома).

7. По степени распространенности:

а) здания массового строительства, возводимые повсеместно по типовым проектам;

б) уникальные, возводимые по специальным проектам.

Способность зданий сохранять требуемые эксплуатационные качества характеризует его класс:

I – крупные промышленные и общественные здания, жилые дома (9 и более этажей), к которым предъявляются повышенные архитектурные и эксплуатационные требования;

II – большинство небольших промышленных и общественных зданий, жилые дома до 9 этажей;

III – здания со средними эксплуатационными и архитектурными требованиями, жилые дома до 5 этажей;

IV – временные здания с минимальными эксплуатационными требованиями.

Класс здания устанавливает проектная организация, разрабатывающая рабочие чертежи.

1.2. Требования к зданиям

Возводимые здания должны полно отвечать их назначению и удовлетворять следующим требованиям:

1) функциональной целесообразности, т. е. здание должно быть удобно для труда, отдыха или другого процесса, для которого оно предназначено;

2) технической целесообразности, т. е. здание должно надежно защищать людей от вредных атмосферных воздействий; быть прочным, т. е. выдерживать внешние воздействия, и устойчивым, т. е. не терять своих эксплуатационных качеств во времени;

3) архитектурно-художественной выразительности, т. е. здание должно быть привлекательным по внешнему (экстерьеру) и внутреннему (интерьеру) облику;

4) экономической целесообразности (предусматривает понижение затрат труда, материалов и сокращение сроков строительства).

1.3. Объемно-планировочные параметры здания

К объемно-планировочным параметрам здания относятся: шаг, пролет, высота этажа (рис. 1.1).

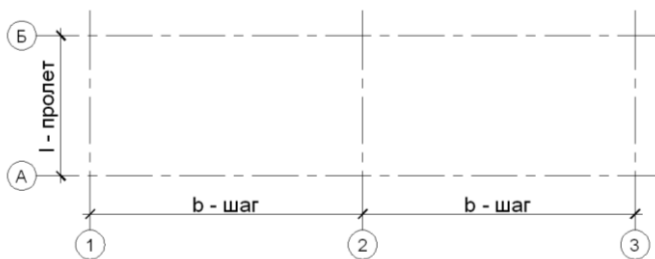


Рис. 1.1. Объемно-планировочные параметры здания

Шаг (b) – расстояние между поперечными координационными осями.

Пролет (l) – расстояние между продольными координационными осями.

Высота этажа ($H_{эт}$) – расстояние по вертикали от уровня пола нижерасположенного этажа до уровня пола вышерасположенного этажа ($H_{эт} = 2,8; 3,0; 3,3$ м).

1.4. Виды размеров конструктивных элементов

Модульная координация размеров в строительстве (МКРС) – единое право для увязки и согласования размеров всех частей и элементов здания. В основу МКРС положен принцип кратности всех размеров модулю $M = 100$ мм.

При выборе размеров для длины или ширины сборных конструкций пользуются укрупненными модулями (6000, 3000, 1500, 1200 мм) и соответственно обозначают их 60М, 30М, 15М, 12М.

При назначении размеров сечения сборных конструкций применяются дробные модули (50, 20, 10, 5 мм), соответственно обозначаемые 1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М.

В основу МКРС положено три типа конструктивных размеров:

1. *Координационный* – размер между координационными осями конструкции с учетом частей швов и зазоров. Этот размер кратен модулю.

2. *Конструктивный* – размер между действительными гранями конструкции без учета частей швов и зазоров.

3. *Натурный* – размер фактический, полученный в процессе изготовления конструкции, отличается от конструктивного на величину допуска, установленную ГОСТом (рис. 1.2).

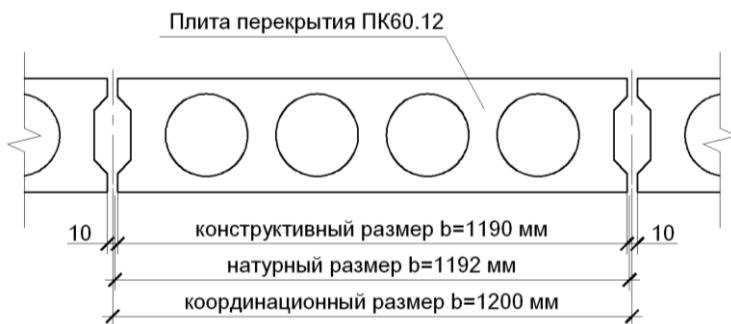


Рис. 1.2. Координация размеров в строительстве

1.5. Понятие об унификации, типизации, стандартизации

При массовом изготовлении сборных конструкций важное значение имеет их однотипность, что достигается вследствие унификации, типизации и стандартизации.

Унификация – предельное ограничение типов размеров сборных конструкций и деталей (упрощается технология заводского изготовления и ускоряется производство монтажных работ).

Типизация – отбор из числа унифицированных наиболее экономичных конструкций и деталей, пригодных для многократного использования.

Стандартизация – завершающий этап унификации и типизации. Типовые конструкции, прошедшие проверку в эксплуатации и получившие широкое распространение в строительстве, утверждаются в качестве образцов.

Глава 2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ

Основные конструктивные элементы здания – это фундамент, стены, плиты перекрытия, отдельные опоры, крыша, окна, двери, лестница, перегородки.

Фундамент – подземная конструкция, воспринимающая всю нагрузку от здания и передающая ее на грунт.

Стены – вертикальные ограждения. По назначению и месту расположения в здании их делят на наружные и внутренние.

Несущие стены служат для деления в пределах этажа больших, ограниченных капитальными стенами помещений на более мелкие.

Самонесущие стены опираются на фундамент и несут нагрузку лишь от собственной массы.

Ненесущие (навесные) стены – ограждения, которые опираются в каждом этаже на другие элементы здания.

Перекрытия – горизонтальные несущие конструкции, опирающиеся на несущие стены или столбы и воспринимающие передаваемые на них постоянные и временные нагрузки.

Отдельные опоры – несущие вертикальные элементы (колонны, столбы, стойки), передающие нагрузку от перекрытий и других элементов зданий на фундаменты.

Крыша – конструктивный элемент, защищающий помещения конструкции здания от атмосферных осадков.

Окна устраивают для освещения и проветривания помещения.

Двери служат для сообщения между помещениями.

Лестницы служат для сообщения между этажами, а также для эвакуации людей из здания.

Лестничные клетки – помещения, в которых располагаются лестницы.

Перегородки – тонкие ненесущие конструкции, разделяющие этаж на отдельные помещения.

Глава 3. ПОНЯТИЯ О КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ЗДАНИЯ

Конструктивные элементы зданий (фундаменты, стены, колонны и перекрытия), соединяясь между собой в пространстве, образуют несущий остов (скелет) здания.

Особенности пространственного расположения несущих элементов здания (стен, колонн, перекрытий) определяют конструктивную систему здания.

3.1. Типы конструктивных систем

Конструктивной системой называют взаимосвязанную совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций здания, которые, воспринимая все приходящиеся на него нагрузки и воздействия, совместно обеспечивают пространственную жесткость и устойчивость здания.

Конструктивные системы различают по форме, устройству и способу распределения и передачи нагрузки. Выбор системы осуществляют исходя из объемно-планировочных, архитектурно-композиционных и экономических решений.

Конструктивные системы гражданских зданий разнообразны. Основным признаком классификации служит вид вертикальных несущих конструкций, среди которых различают: плоскостные (стены), стержневые (стойки каркаса). Соответственно примененному виду вертикальных несущих элементов получили наименование основные конструктивные элементы здания: бескаркасная (стеновая), каркасная, с неполным каркасом.

Детальное представление о системах здания дает его **конструктивная схема**, характеризующая местоположение (в плане) несущих элементов здания.

Конструктивные системы зданий:

1. Бескаркасные (с несущими стенами) – представляют собой систему ячеек, образованных стенами и плитами перекрытия, наружные и внутренние стены воспринимают нагрузку от перекрытий.

Для них характерны следующие конструктивные схемы:

- а) с продольным расположением несущих стен;
- б) с поперечным расположением несущих стен.

Алгоритм построения:

1. Наносим контур наружных стен.
2. Наносим контур внутренних стен.
3. Укладываем плиты перекрытия (плиты перекрытия опираются короткими сторонами на несущие стены на 120 мм с каждой стороны, а длинной стороной плита ложится впритык к стене).

Строительство здания начинают с закрепления на местности координатных осей. Расположение конструктивного элемента относительно координатных осей называют его *привязкой*.

В зданиях с кирпичными стенами координатные оси наружных стен смещены от внутренней грани (внутрь) на 200 мм. Оси внутренних стен совпадают с геометрической осью стены (рис. 3.1).

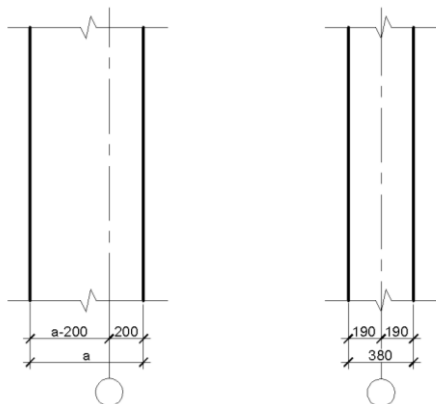


Рис. 3.1. Привязка бескаркасных стен многоэтажных зданий

Для обеспечения пространственной жесткости здания выполняется анкеровка плит (рис. 3.2, 3.3). Ее выполняют за монтажные петли плиты. Возле стен и монолитных участков плиты не анкеруются (анкеровка через 1...2 плиты).

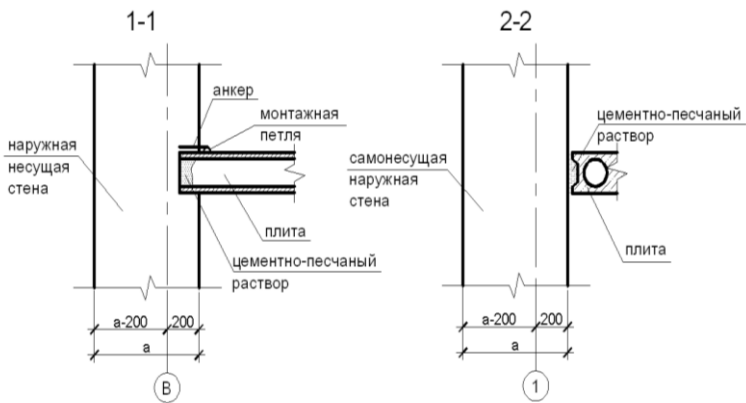
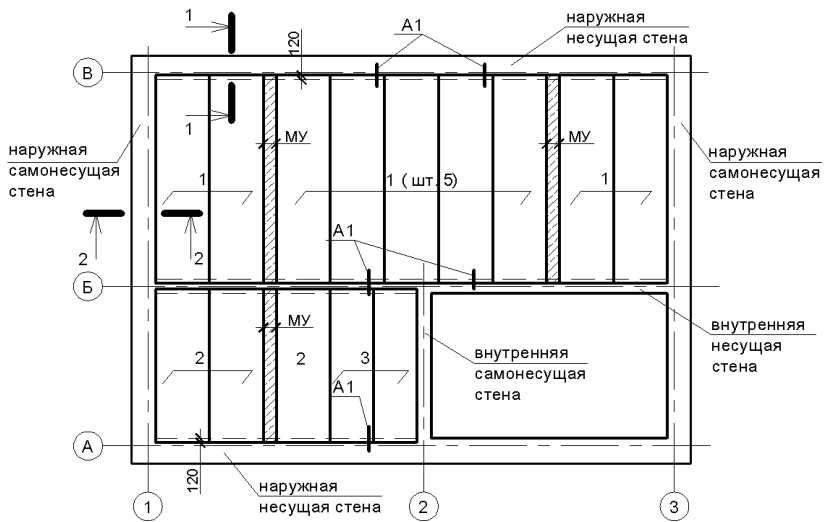


Рис. 3.2. Бескаркасная система здания с продольным расположением несущих стен

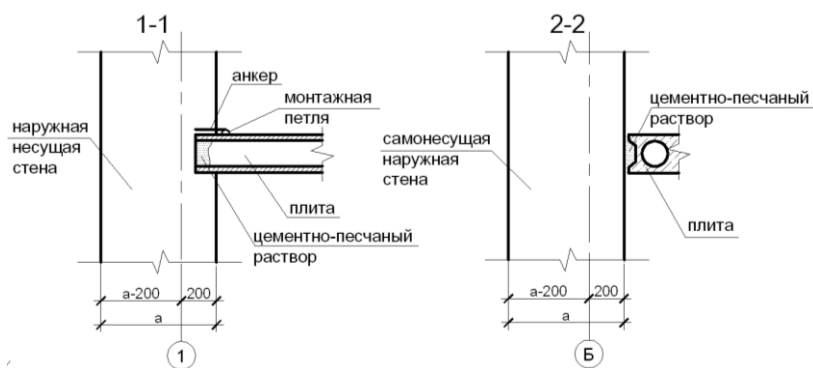
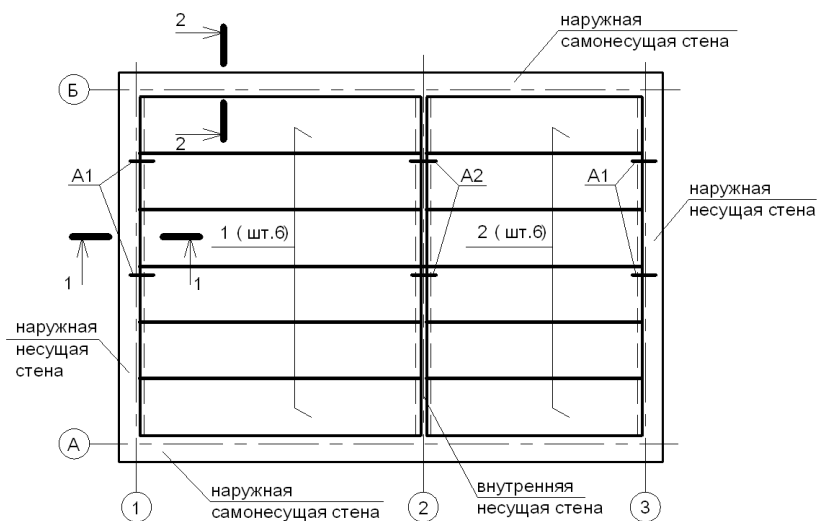


Рис. 3.3. Бескаркасная система здания с поперечным расположением несущих стен

2. Каркасные – выполняются в виде многоярусной пространственной системы, состоящей из колонн, ригелей и плит перекрытия (рис. 3.4).

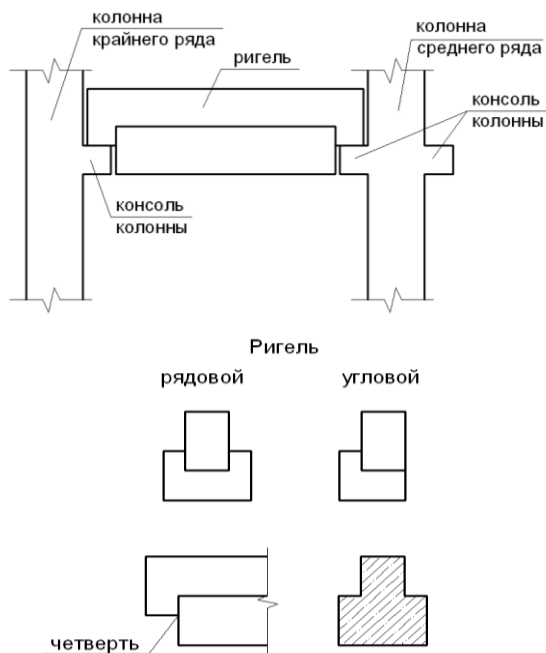


Рис. 3.4. Элементы каркаса

Колонны применяют прямоугольного сечения $300 \times 300 \text{ мм}^2$ (в зданиях до 5 этажей) и $400 \times 400 \text{ мм}^2$ с прямоугольными консолями высотой и вылетом по 150 мм для сопряжения с ригелем. Колонны разделяют на крайние (у наружных стен здания) – одноконсольные и средние (по внутренним осям здания) – двухконсольные.

Ригели выполняют таврового сечения, с одной или двумя полками для опирания плит перекрытий, лестничных маршей и аналогичных конструкций.

В таких системах *настил перекрытий* состоит из плит, укладываемых на полки ригелей. Многopустотные плиты высотой 220 мм подразделяют в этом случае на межколонные связевые – пристенные и средние шириной 1490 мм с пазами для колонн глубиной 100 мм и рядовые шириной 1190 и 1490 мм.

Этой системе присущи следующие конструктивные схемы:

- а) с поперечным расположением ригелей (рис. 3.5);
- б) с продольным расположением ригелей (рис. 3.6).

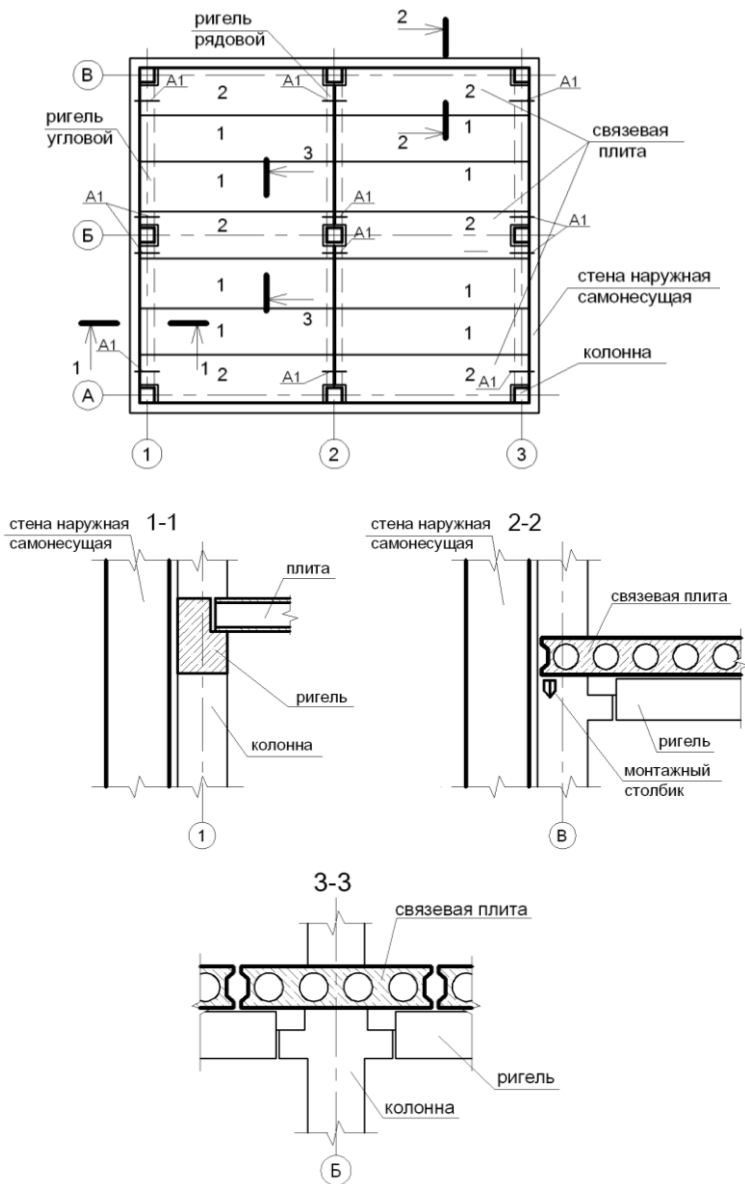


Рис. 3.5. Каркасная система здания с поперечным расположением ригелей

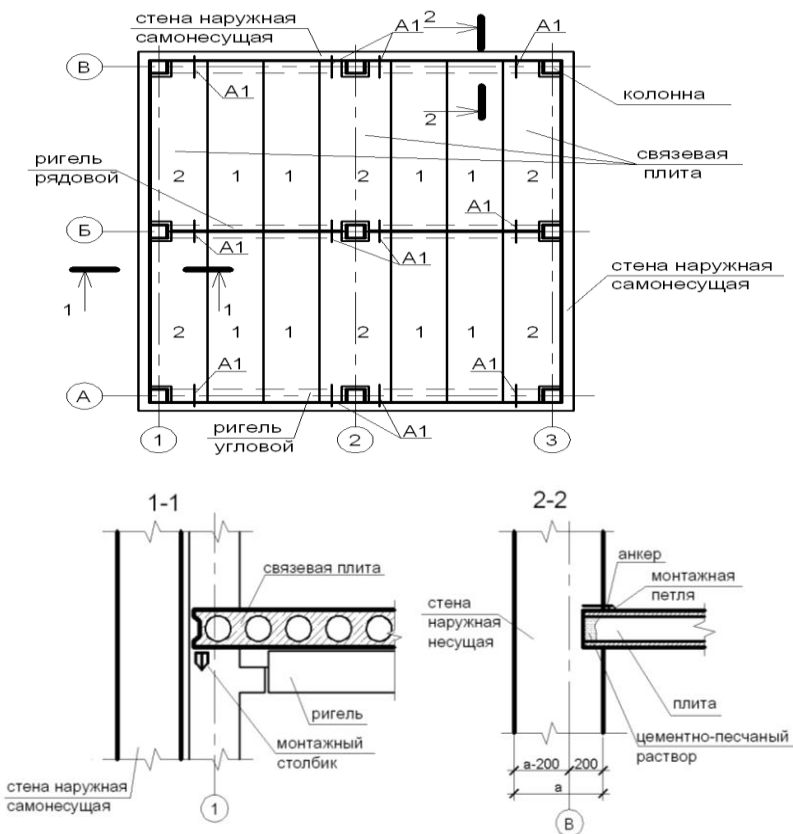


Рис. 3.6. Каркасная система здания с продольным расположением ригелей

Алгоритм построения:

1. На пересечении осей устанавливаем колонны.
 2. В поперечном направлении (оси 1, 2, 3) укладываем ригели.
 3. Укладываем связевые плиты перекрытия (между колоннами).
 4. Между связевыми плитами укладываем простые плиты перекрытия.
 5. Наносим контур стен (вплотную к колоннам и ригелю).
- 3. С неполным каркасом** – такая система, при которой по центральной продольной или поперечной оси располагаются колонны.
Для зданий с неполным каркасом характерны схемы:

- а) с продольным расположением ригелей (рис. 3.7);
 б) с поперечным расположением ригелей (рис. 3.8).

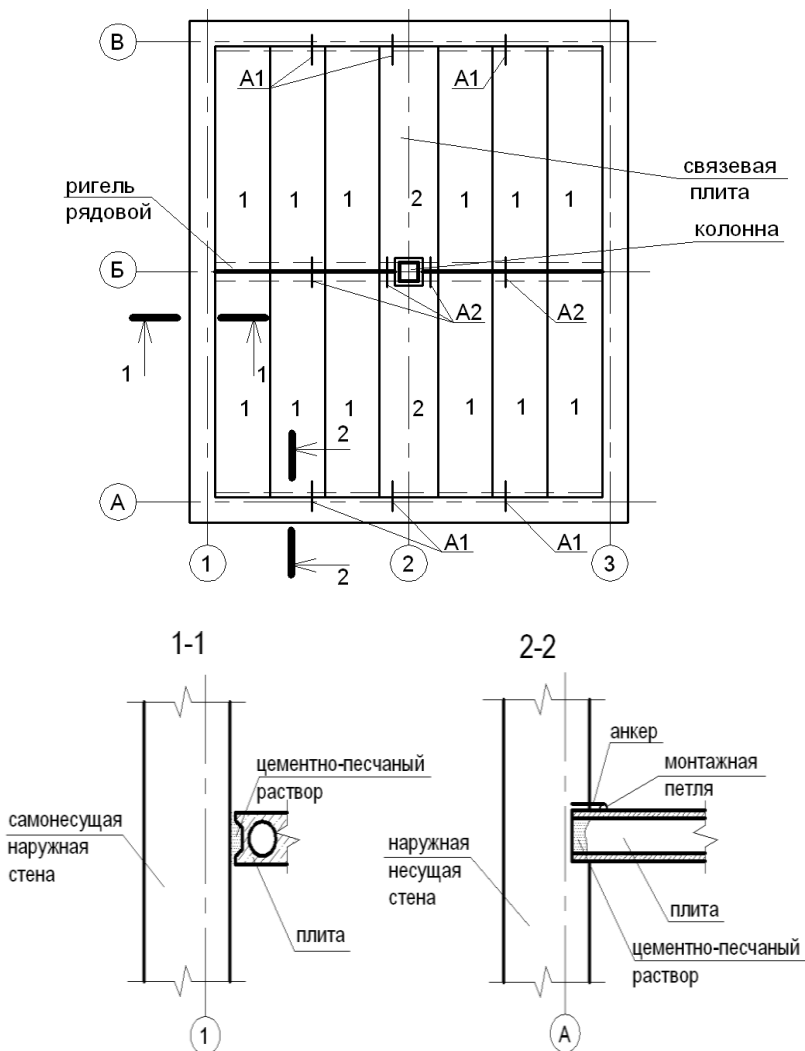


Рис. 3.7. Система зданий с неполным каркасом с продольным расположением ригелей

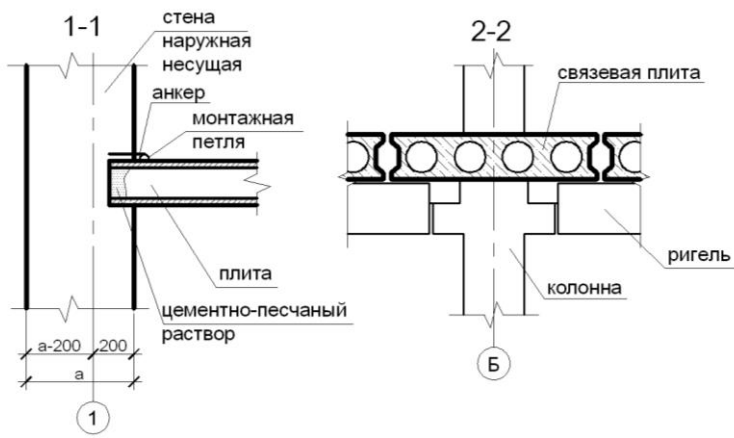
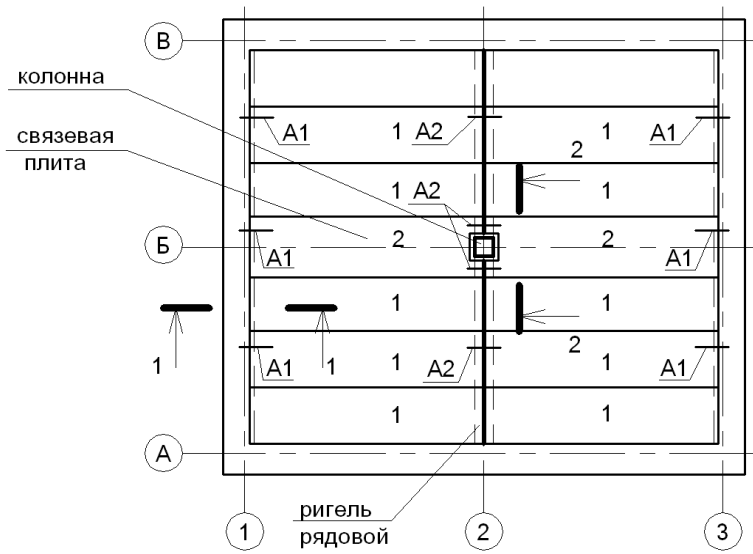


Рис. 3.8. Система зданий с неполным каркасом с поперечным расположением ригелей

3.2. Понятие о пространственной жесткости здания. Меры ее обеспечения

Здания и его элементы подвергаются воздействию вертикальных и горизонтальных нагрузок, поэтому должны иметь достаточную прочность, устойчивость, пространственную жесткость, т. е. способность отдельных элементов и всего здания не деформироваться при воздействии приложенных сил.

В бескаркасных зданиях пространственная жесткость обеспечивается:

- 1) устройством внутренних поперечных стен;
- 2) устройством стен лестничных клеток;
- 3) междуэтажными перекрытиями и их анкеровкой.

В каркасных зданиях пространственная жесткость обеспечивается:

- 1) устройством колонн и ригелей, жестко соединенных друг с другом;
- 2) устройством диафрагм жесткости, которые устанавливаются между колоннами (в каком-либо месте) на каждом этаже;
- 3) устройством плит-распорок (связевых плит), уложенных в междуэтажном перекрытии между колоннами;
- 4) стенами лестничных клеток;
- 5) надежным сопряжением элементов каркаса в узлах и стыках.

Глава 4. ПОНЯТИЕ О ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Основание – массив грунта, расположенный под фундаментом и воспринимающий нагрузку от здания.

Основания бывают двух видов:

- 1) естественное – грунт, залегающий под фундаментом и способный в своем природном состоянии выдерживать нагрузку от здания;
- 2) искусственное – искусственно уплотненный или упрочненный грунт, который в своем природном состоянии не обладает достаточной несущей способностью по всей глубине заложения фундаментов.

4.1. Требования к основаниям

К основаниям предъявляются следующие требования:

- 1) обладать достаточной несущей способностью;
- 2) иметь малую равномерную сжимаемость;

- 3) не быть пучинистыми (глина, суглинок);
- 4) не размываться и не растворяться грунтовыми водами;
- 5) не обладать свойством ползучести, т. е. способностью к длительным незатухающим деформациям под нагрузкой;
- 6) не допускать просадок и оползней (просадки могут произойти при недостаточной мощности слоя грунта, принятого за основание; оползни могут возникнуть при наклонном расположении слоев грунта).

4.2. Краткая характеристика грунтов

Грунтами называют геологические породы, залегающие в верхних слоях земной коры и используемые в строительных целях.

Грунты разнообразны по своему составу, структуре и характеру залегания, поэтому их классифицируют на следующие типы:

1. Скальные – залегают в виде сплошного массива (граниты, кварциты, песчаники) или в виде трещиноватого слоя. Водоустойчивы, несжимаемы и при отсутствии трещин и пустот являются наиболее прочными и надежными.

2. Крупнообломочные – несвязанные обломки скальных пород с преобладанием обломков размером более 2 мм (гравий, щебень, галька, дресва).

3. Песчаные – состоят из частиц крупностью 0,1...2 мм. Чем крупнее и чище пески, тем большую нагрузку может выдержать слой основания из них. В зависимости от крупности различают пески гравелистые, крупные, средней крупности, мелкие, пылеватые.

4. Глинистые – связанные грунты, состоящие из частиц крупностью менее 0,005 мм, имеющих чешуйчатую форму. Несущая способность зависит от влажности. К глинистым грунтам относят глину, супесь, суглинок.

5. Лёссовые – глинистые грунты с содержанием большого количества пылеватых частиц и наличием крупных пор. В сухом состоянии прочны, но при увлажнении дают большие осадки. В качестве естественного основания непригодны.

6. Насыпные – образуются искусственно при засыпке оврагов, прудов, мест свалки и т. д. Обладают неравномерной сжимаемостью. В большинстве случаев нельзя использовать в качестве естественного основания.

7. Пльвуны – образуются мелкими песками с илистыми и глинистыми примесями, насыщенными водой. Непригодны как естественное основание.

4.3. Способы укрепления грунтов

Если грунт не удовлетворяет предъявляемым требованиям, то устраивают искусственное основание путем упрочнения или замены слабого грунта более прочным. К способам упрочнения грунта относятся: уплотнение, силикатизация, цементация и обжиг.

Уплотнение – укрепление грунта пневматическими трамбовками или трамбовочными плитами массой 2...4 т. Применяется, если грунты недостаточно плотные и при насыпных грунтах. Если грунты песчаные или пылеватые, то применяются вибраторы.

Силикатизация – химический способ закрепления лёссовых грунтов, песков, плывунов. Используют растворы жидкого стекла и хлорида кальция.

Цементация – упрочнение путем нагнетания в грунт по трубам жидкого цементного раствора или молока. Применяется для укрепления гравелистых, крупных и среднезернистых песков.

Обжиг – закрепление грунта путем сжигания термических продуктов. Применяют для укрепления лёссовых просадочных грунтов.

4.4. Понятие о фундаментах. Требования к ним.

Элементы фундаментов. Глубина заложения фундаментов

Фундамент – конструктивная часть здания, расположенная ниже уровня земли и воспринимающая нагрузку от здания, передавая ее основанию. Элементы фундамента представлены на рис. 4.1.

Глубина заложения фундамента зависит от следующих факторов:

1. Глубина заложения грунта, способного служить основанием, должна быть не менее 0,5 м от уровня спланированной поверхности для бесподвальных зданий или от уровня пола подвала, если здание с подвалом.

2. От конструктивного решения подземной части здания.

3. В пучинистых грунтах глубина заложения зависит от глубины промерзания и назначается на 200 мм больше глубины промерзания грунта.

Требования к фундаментам:

- прочность;
- устойчивость;
- морозостойкость;
- водонепроницаемость;
- индустриальность;
- экономичность.

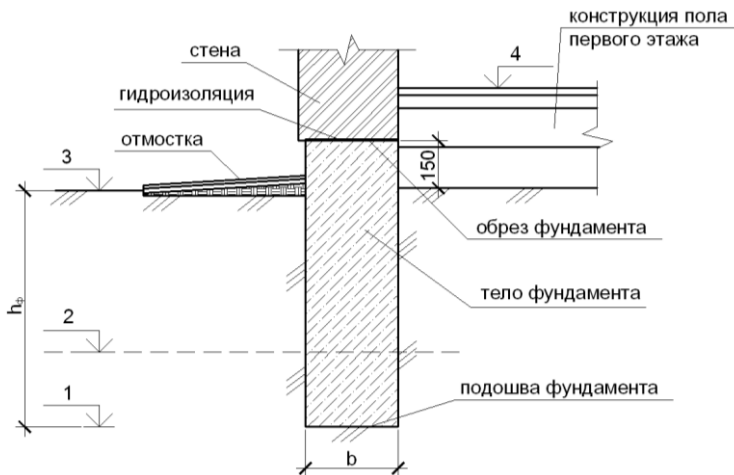


Рис. 4.1. Элементы фундамента:

- I* – отметка глубины заложения фундамента; 2 – отметка уровня грунтовых вод;
 3 – планировочная отметка; 4 – отметка уровня пола первого этажа;
b – ширина подошвы фундамента (определяется по расчету и зависит от несущей способности грунта и нагрузки);
 $h_{\text{ф}}$ – глубина заложения фундамента – расстояние от спланированной поверхности грунта до подошвы фундамента

4.5. Классификация фундаментов

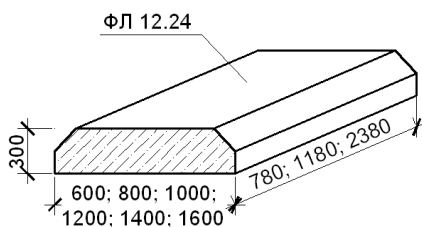
Фундаменты классифицируют по конструкции, по способу выполнения, по материалу (табл. 4.1).

Т а б л и ц а 4.1. Классификация фундаментов

| По конструкции | По способу выполнения | По материалу |
|----------------|------------------------------------|---|
| Ленточные | Сборные | Бетонные, бутобетонные |
| | Монолитные | Бетонные, бутобетонные |
| Свайные | Висячие (завивные) | Металлические, железобетонные, деревянные, бетонные |
| | Сваи-стойки (набивные) | Бетонные, железобетонные |
| Столбчатые | Сборные | Бетонные, железобетонные |
| | Монолитные | Бетонные, железобетонные |
| Сплошные | Сплошные плиты с ребрами жесткости | Бетонные, железобетонные |

4.6. Конструктивные решения фундаментов

Ленточные сборные фундаменты состоят из железобетонных плит-подушек (рис. 4.2) и бетонных блоков стен подвала (рис. 4.3). Подушки могут укладываться как в виде непрерывной ленты с конструктивным зазором 20 мм, так и прерывистыми с зазором до 300 мм. Подушки укладываются непосредственно на основания или песчаную подсыпку толщиной 100...150 мм. Стеновые блоки укладывают по подушкам на цементном растворе с обязательной перевязкой верхних вертикальных швов не менее 300 мм.



Структура условного обозначения:
ФЛ - фундамент ленточный
ширина 12 дм (1200 мм) ,
длина 24 дм (2400 мм)

Рис. 4.2. Фундаментная подушка

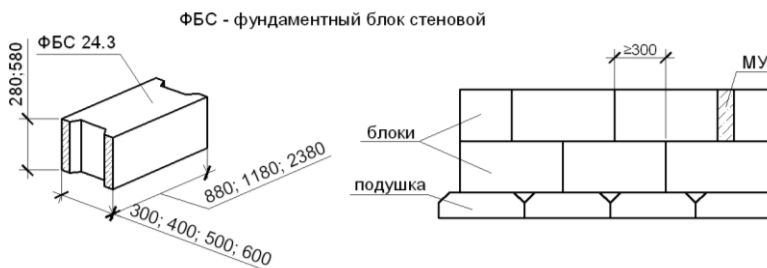


Рис. 4.3. Фундаментный блок

При строительстве зданий на участках со значительным уклоном фундаменты выполняют с продольными уступами. Высота уступа должна быть не более 0,5 м, длина – не менее 1 м (рис. 4.4).

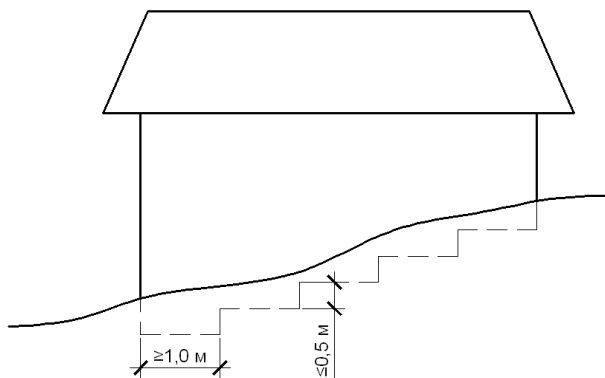


Рис. 4.4. Ленточный фундамент с уступами

Столбчатые фундаменты. В бескаркасных малоэтажных зданиях без подвалов при небольших нагрузках на фундамент непрерывные ленточные фундаменты целесообразно заменять столбчатыми, располагаемыми обязательно под углами здания, в местах пересечения и примыкания стен, а также в промежутках между ними с определенным расчетным шагом.

Столбчатые фундаменты (рис. 4.5) состоят из фундаментных подушек, столбов, фундаментных балок (рис. 4.6).

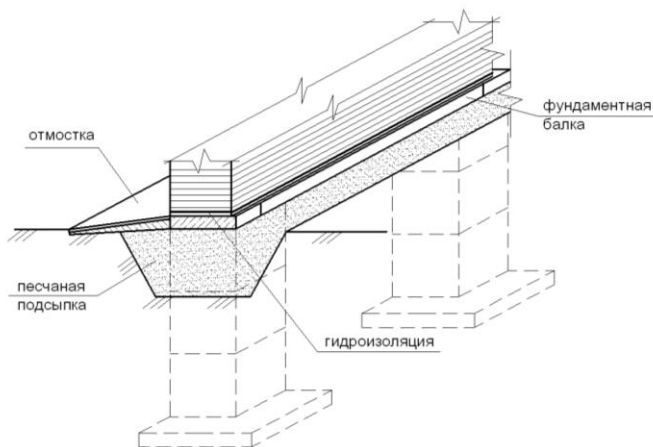


Рис. 4.5. Элементы столбчатого фундамента



Рис. 4.6. Варианты устройства столбчатого фундамента

Фундаментные балки устанавливают по всему контуру стен аналогично ленточным фундаментам. Они принимают на себя нагрузку от стен и передают ее на столбы. Для предохранения балок от сил пучения грунта, а также для свободной их осадки под ними устраивают песчаную подсыпку. Если при этом необходимо утеплить пристенную часть пола, подсыпку выполняют из шлака или керамзита.

Столбчатые одиночные фундаменты применяют для отдельно стоящих колонн или столбов при возведении зданий с каркасной конструктивной системой (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Сборный столбчатый фундамент под колонну

Сплошные фундаменты устраиваются при большой передаваемой на грунт нагрузке (рис. 4.8). Эти фундаменты устраивают под всей площадью здания из монолитного железобетона. При сплошных фундаментах обеспечивается равномерная осадка здания, что особенно важно для зданий повышенной этажности.

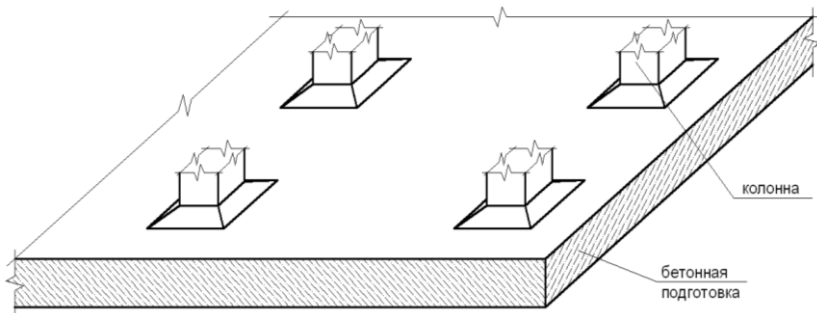


Рис. 4.8. Сплошной фундамент

Свайные фундаменты устраиваются при строительстве на слабых, сильносжимаемых грунтах при передаче на основание большой нагрузки, а также в случае, когда достижение естественного основания экономически или технически нецелесообразно из-за большой глубины его заложения (рис. 4.9).

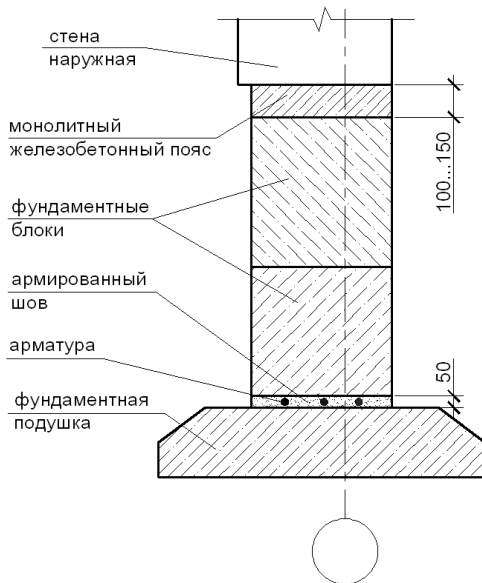


Рис. 4.9. Узел фундамента на слабых и сильносжимаемых грунтах

Железобетонные сваи изготавливают сплошные квадратного сечения (от 250×250 до 400×400мм) и прямоугольные (250×350 мм), а также трубчатого сечения диаметром 400...700 мм.

Сваи могут быть короткими – от 3 до 6 м (для малоэтажных зданий) и длинными – более 6 м.

В зависимости от величины нагрузки, передаваемой на основание, и механических свойств грунта сваи под стены располагают следующими способами (рис. 4.10):

- а) в один ряд;
- б) в два ряда;
- в) в шахматном порядке.

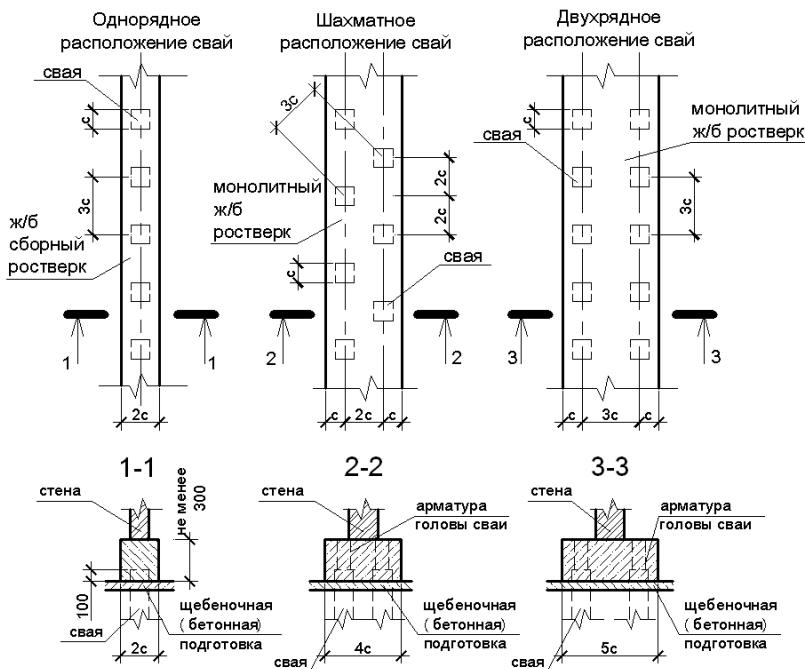


Рис. 4.10. Варианты расположения свай

Если в здании предусмотрены колонны, то под них устанавливается куст свай.

Для обеспечения равномерной передачи нагрузки от стен на сваи по их верхним концам укладываются монолитные или железобетонные распределительные балки, называемые ростверком, а на куст свай – оголовки (рис. 4.11, 4.12).

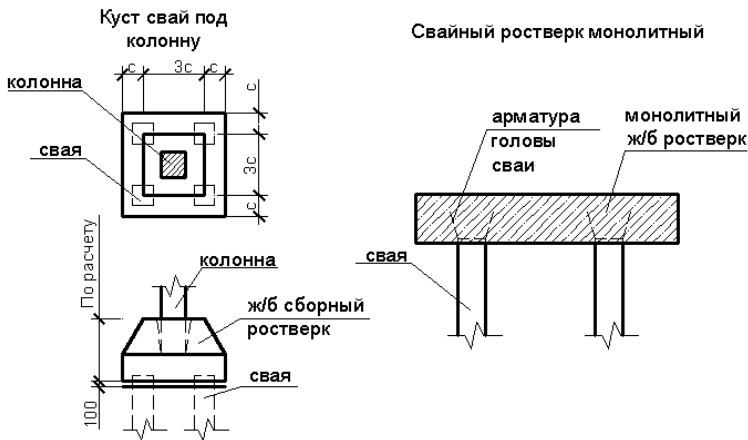


Рис. 4.11. Варианты ростверка свайного фундамента

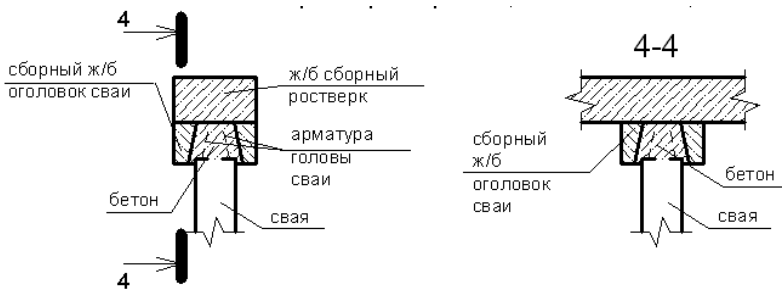


Рис. 4.12. Конструкция сборного ростверка

Высота ростверка определяется расчетом, но должна быть не менее 300 мм. Оси свай должны совпадать с осями ростверка. Расстояние между смежными сваями назначается не менее тройной толщины или диаметра свай.

По способу передачи вертикальной нагрузки на грунт сваи делят (рис. 4.13):

- на *сваи-стойки* – проходящие через слабые слои грунта и опирающиеся своими концами на прочный грунт;
- *висячие сваи* – не достигающие прочного грунта и передающие нагрузку на грунт трением, возникающим между боковой поверхностью сваи и грунтом.

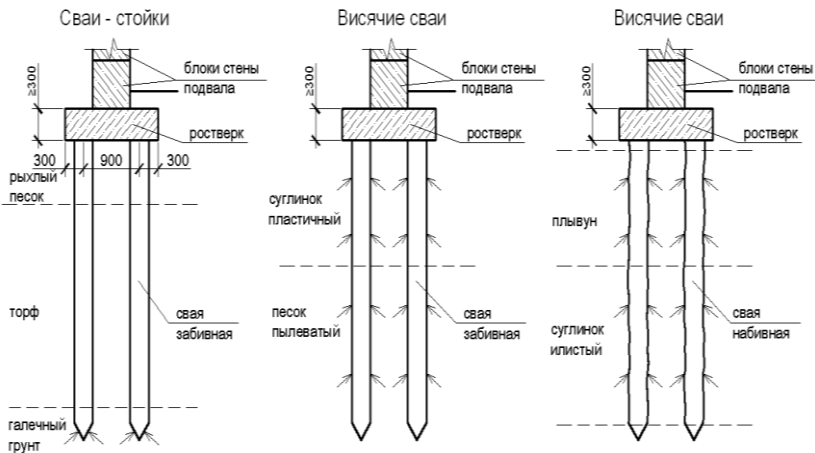


Рис. 4.13. Виды свай

4.7. Отмостка, техподполье, подвалы, приямки

Фундаменты, являясь стенами подземного этажа здания, образуют помещения подвалов и техподполий.

Подвалы – помещения высотой более 2 м, предназначенные для хозяйственных нужд.

Техподполье – помещения высотой менее 2 м (для инженерных коммуникаций).

Отмостка – неширокая асфальтовая или цементная полоса, уложенная по периметру здания шириной 700...1000 мм с уклоном от здания, предназначенная для защиты подземной части здания от атмосферных осадков.

Приямок – световой колодец, расположенный перед окном подвального помещения (ограждается). Дно в приянке устраивается с уклоном от стен здания.

4.8. Защита подземной части здания от грунтовых вод и сырости

Защита здания от грунтовой сырости.

Для защиты стен *зданий без подвалов* от грунтовой сырости под верхней поверхностью фундамента укладывают горизонтальную гидроизоляцию из двух слоев гидроизола, изопласта, бикроста или слоя цементного раствора состава 1:2 толщиной 20...30 мм на 150...200 мм ниже пола первого этажа и 150...200 мм выше уровня отмостки. При полах по грунту в местах соприкосновения цоколя с грунтом на участке от уровня горизонтальной гидроизоляции до уровня подготовки под пол устраивают вертикальную гидроизоляцию обмазкой наружной стены горячим битумом за два раза. Во внутренних стенах горизонтальную гидроизоляцию укладывают на 100...150 мм ниже пола первого этажа.

В *зданиях с подвалами* горизонтальную гидроизоляцию укладывают в двух уровнях: нижнюю – в уровне пола подвала и верхнюю – не менее 150 мм выше уровня отмостки.

Защита подземной части здания от грунтовых вод.

Защиту производят устройством вертикальной и горизонтальной гидроизоляции.

Нижний слой горизонтальной гидроизоляции выполняют из двух слоев рулонного материала (гидроизол, изол и др.) и располагают в толще пола подвала на бетонной подготовке, пропускают через стены подвала и заводят на поверхность наружных стен до высоты, превышающей возможный уровень грунтовых вод на 0,5 м.

На гидроизоляционный ковер укладывают пригрузочный слой бетона, уравнивающий давление воды. Если напор более 0,8 м, то устраивают сплошную железобетонную плиту, заземляемую в стенах подвала.

Верхний слой горизонтальной гидроизоляции (ниже пола первого этажа) укладывают сплошной лентой в наружных и внутренних стенах зданий.

Вертикальную гидроизоляцию наружных стен выполняют с наружной стороны стен подвала путем обмазки полимерно-битумной мастикой или раствором «Полиликс ГС».

Гидроизоляционный ковер, расположенный с наружной стороны стен, защищают от возможных повреждений облицовкой стенкой толщиной 120 мм из обожженного кирпича на цементном растворе.

Глава 5. ПОНЯТИЕ О СТЕНАХ. ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

5.1. Классификация стен

Стена – вертикальный конструктивный элемент здания, отделяющий помещения от внешней среды.

Классификация стен.

1. По месту расположения:

- а) наружные;
- б) внутренние.

2. По характеру статической работы:

- а) несущие;
- б) ненесущие;
- в) самонесущие.

3. По материалу:

- а) каменные;
- б) деревянные;
- в) из синтетических материалов.

4. По конструкции:

- а) из мелкогабаритных элементов;
- б) из крупногабаритных материалов.

5. По способу возведения:

- а) сборные;
- б) монолитные.

Требования к стенам:

- прочность;
- долговечность;
- тепло- и звукоизоляция;
- экономичность;
- индустриальность.

5.2. Понятие о кладке и ее элементах

Кладка – конструкция, выполненная из отдельных камней (рис. 5.1), швы между которыми заполняют раствором.

Элементы кладки.

Наружная (лицевая) верста – ряды, выходящие на фасадную поверхность кладки.

Внутренняя верста – ряды, выходящие на внутреннюю поверхность кладки.

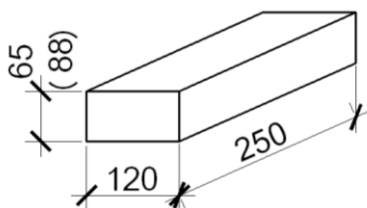


Рис. 5.1. Кирпич рядовой

Забудка – ряды кладки, расположенные между наружной и внутренней верстой.

Кирпичи, уложенные длинной стороной вдоль стены, образуют *ложковый ряд*, а уложенные поперек стены – *тычковый ряд*.

Кладку перевязывают чередованием тычковых и ложковых рядов.

Перевязка – определенный порядок укладки камней в кладке; несовпадение вертикальных швов. Перевязка необходима для равномерного распределения нагрузки в стене.

Шов – промежуток между камнями, заполняемый раствором. Горизонтальный шов равен 12 мм, вертикальный – 10 мм.

5.3. Виды кладок. Конструкция наружных стен

Виды перевязок:

1) однорядная (цепная) система перевязки – представляет собой последовательное чередование тычковых и ложковых рядов. Эта система трудоемкая, но более прочная (рис. 5.2);

2) многорядная система перевязки – кладка из ложковых рядов, перевязываемых тычками через каждые 3...5 рядов (рис. 5.3).

Неперевязанные ряды кладки заменяют менее теплопроводным материалом. Получается облегченная конструкция стены. Достоинства состоят в малой теплопроводности, невысокой производимой стоимости.

Если стена в последующем с лицевой поверхности не будет оштукатуриваться, то вертикальные и горизонтальные швы между кирпичами должны быть полностью заполнены раствором для уменьшения воздухопроницаемости стен и придания стене хорошего внешнего вида. Для этого производят расшивку швов, т. е. шов уплотняют и придают его внешней поверхности определенную форму (рис. 5.4).

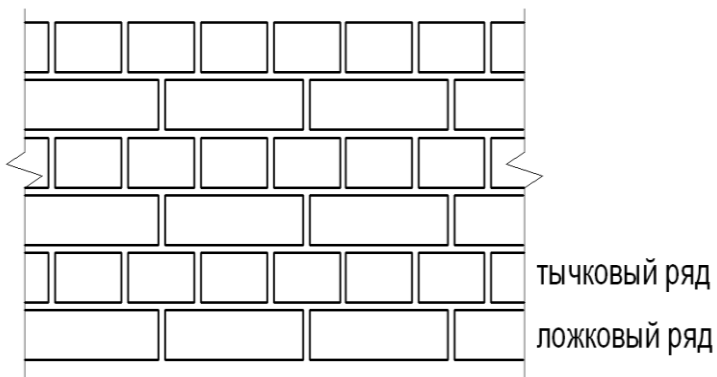


Рис. 5.2. Цепная система перевязки

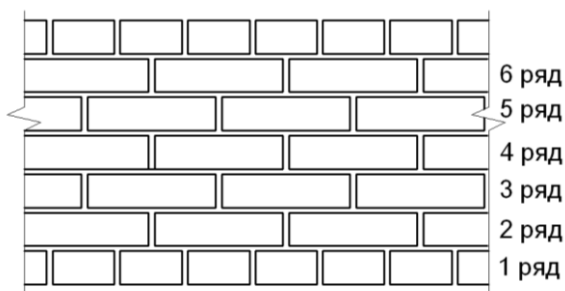


Рис. 5.3. Многорядная система перевязки

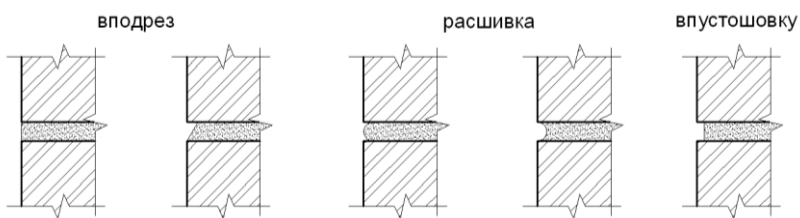


Рис. 5.4. Обработка швов кладки

Существенным недостатком стен из полнотелого кирпича (глиняного или силикатного) является его большая объемная масса и высокая теплопроводность. Нет материалов, которые бы полностью задерживали поток тепла, но есть материалы, которые ограничивают его утечку. Это теплоизоляционные материалы.

Но здание нельзя построить из теплоизоляционных материалов, так как они не обладают конструктивными свойствами. Чтобы стены были прочными, надо их выполнять из кирпича или бетона и только дополнять теплоизолирующими слоями.

Стены можно утеплять тремя основными способами:

- с расположением теплоизоляции с наружной стороны стены;
- с расположением теплоизоляции в толще стены;
- с расположением теплоизоляции с внутренней стороны стены.

Наружное утепление имеет ряд преимуществ:

– стены защищены от неблагоприятных воздействий температуры. Эти воздействия воспринимает теплоизоляционный слой, но они для него не представляют опасности;

- стена надежно защищена от атмосферных осадков;
- в холодное время года наружная теплоизоляция препятствует охлаждению стен до температуры точки росы и образования конденсата в их толще.

С помощью наружного утепления производят также тепловую реабилитацию существующих зданий.

Существуют два типа конструктивных решений наружного утепления:

- 1) метод «термошуба»;
- 2) вентилируемая система утепления, называемая «вентилируемый фасад».

В состав *системы утепления «термошуба»* входят следующие слои и элементы:

- жесткие теплоизоляционные плиты (из минеральной ваты, стекловаты);
- клеящий состав для крепления плит к основанию (стене); в случае необходимости применяют дополнительные крепления специальными дюбель-анкерами;
- армирующий слой, в котором заделывается армирующая сетка; этот слой является защитой теплоизоляционных плит;
- грунтовка для улучшения сцепления защитно-декоративного слоя;

- защитно-декоративный слой;
- доборные элементы, которые обеспечивают усиление углов здания, откосов и т. д.

Вентилируемый фасад является теплоизоляционной системой, в которой отдельные слои располагаются следующим образом: изолируемая стена, теплоизоляция, вентилируемая воздушная прослойка, защитно-декоративный экран.

Система вентилируемого фасада представляет собой конструкцию, состоящую из материалов облицовки (плит или листовых материалов) и под облицовочной конструкции, которая, в свою очередь, крепится к стене таким образом, чтобы между облицовочным слоем и утеплителем оставался воздушный зазор. Система крепится к изолируемому ограждению при помощи несущего каркаса и анкерной системы крепления утеплителя.

Несущий каркас выполняется из деревянного бруса или металлических элементов. Для вентилируемых фасадов подходит не всякий утеплитель, так как к утеплителю предъявляются высокие требования. Чаще применяется минеральная вата, иногда стекловата, поскольку эти материалы являются неблагоприятной средой для образования грибков, а также обладают высокими тепло- и шумозащитными свойствами. С целью удаления влаги (строительной, гигроскопической, атмосферной) из утеплителя устраивают вентилируемую воздушную прослойку.

Стены с утеплением **внутри ограждающей конструкции** (колодцевая кладка). Колодцевая кладка представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из облицовочного слоя, теплоизоляционного слоя и внутреннего слоя.

Внутренний слой. При этой системе утепления стен сначала возводится внутренняя несущая стена здания. Внутренний слой наружных стен должен обеспечивать восприятие нагрузок от собственного веса, а также веса теплоизоляционного и облицовочных слоев и действующих на стены внешних силовых и температурных факторов. Толщина слоя определяется лишь прочностными требованиями.

Теплоизоляционный слой. Трехслойные стены должны содержать эффективный теплоизоляционный материал такой долговечности, чтобы его не надо было заменять в ходе всего срока эксплуатации, так как ремонтно-восстановительные работы невозможны. Данным требованиям отвечают:

- плиты пенополистирольные;

- плиты полистиролбетонные;
- пенополиуритан;
- маты минераловатные.

Толщина теплоизоляционного слоя определяется расчетом.

Фиксацию теплоизоляционного слоя следует обеспечивать креплением его к внутреннему слою с помощью клеевых составов. При проектировании и эксплуатации трехслойных стен с внутренним расположением утеплителя существует одна проблема – это конденсация влаги внутри конструкции. Водяной пар, в результате диффузии попадающий в толщу конструкции, может привести к прогрессирующему отсыреванию утеплителя и постепенной потере им своих теплоизолирующих свойств.

Для борьбы с этим явлением применяется пароизоляционный слой и (или) устраивается воздушный вентиляционный зазор. Воздушная вентилируемая прослойка должна иметь сквозь наружный облицовочный слой отверстия для удаления влаги из утеплителя путем проветривания. В качестве отверстий могут служить незаполненные раствором вертикальные и горизонтальные швы кладки. Толщина воздушной прослойки принимается в зависимости от этажности здания от 10 до 40 мм.

Облицовочный слой. В качестве материала облицовочного слоя, а также для устройства карнизов, поясков других деталей применяют кирпич и камни лицевые, керамические или силикатные.

Облицовочный слой наружных стен должен обеспечивать архитектурные и эстетические качества фасадов зданий, обладать требуемой долговечностью и с надлежащей степенью надежности выполнять функции по защите теплоизоляционного слоя от опасных внешних воздействий.

Для обеспечения устойчивости наружных стен и предотвращения их деформаций от внешних нагрузок стены в необходимых случаях должны иметь связи с элементами несущего остова. Связи облицовочного и внутреннего слоев наружных стен допускается проектировать как жесткие, так и гибкие – с применением стальных гнутых стержневых и листовых изделий.

Колодцевую кладку применяют при возведении стен зданий высотой более 5 этажей.

5.4. Архитектурно-конструктивные элементы стен

Архитектурно-конструктивные элементы стен представляют собой определенные детали, имеющие свое функциональное назначение (рис. 5.5).

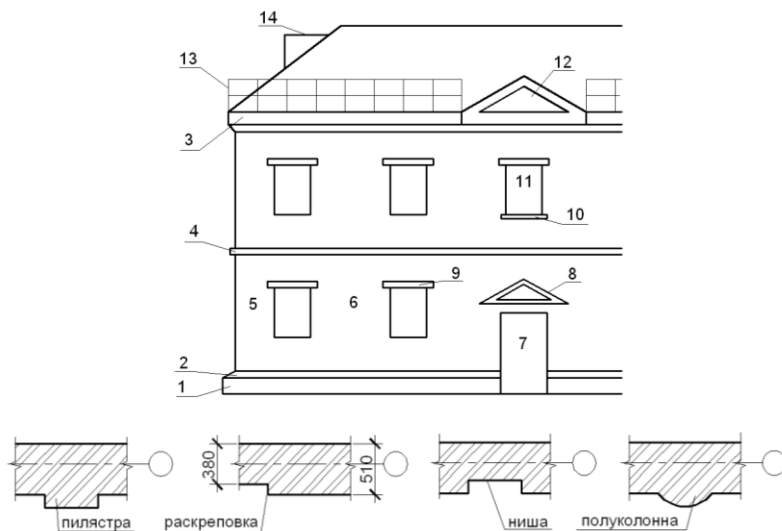


Рис. 5.5. Архитектурно-конструктивные элементы стен:

- 1 – цоколь (нижняя часть стены, располагаемая над фундаментом), выполняется из более прочных материалов, так как подвергается механическим и атмосферным воздействиям; 2 – кордон (граница перехода от цоколя к стене), может быть впадающим и выпadaющим (зависит от толщины стены); 3 – главный (венчающий) карниз, предназначен для отвода попадающих на ограждающие конструкции здания вод; 4 – промежуточный карниз; 5 – угловой простенок; 6 – рядовой простенок; 7 – дверной проем; 8 – сандрик (отдельный карниз над проемами окон и дверей); 9 – перемычка; 10 – подоконный пояс; 11 – оконный проем; 12 – фронто́н (треугольная стенка, закрывающая пространство чердака при двускатных крышах и обрамленное карнизом); без карниза – шилец; 13 – ограждение; 14 – слуховое окно – проветривание и освещение чердачного помещения

Пилястра – вертикальное утолщение стены прямоугольного сечения.

Раскреповка – изменение толщины стен по их длине в плане.

Ниша – выемка в стене.

Полуколонна – вертикальное утолщение стены полукруглого сечения.

Цоколь – нижняя часть стены, расположенная непосредственно над фундаментом. Верхнюю границу цоколя называют кордоном. Цоколь как бы защищает здание от влияния осадков и случайных механических воздействий. Поскольку он наиболее часто подвергается их воздействию, его выполняют из прочных долговечных материалов (рис. 5.6).

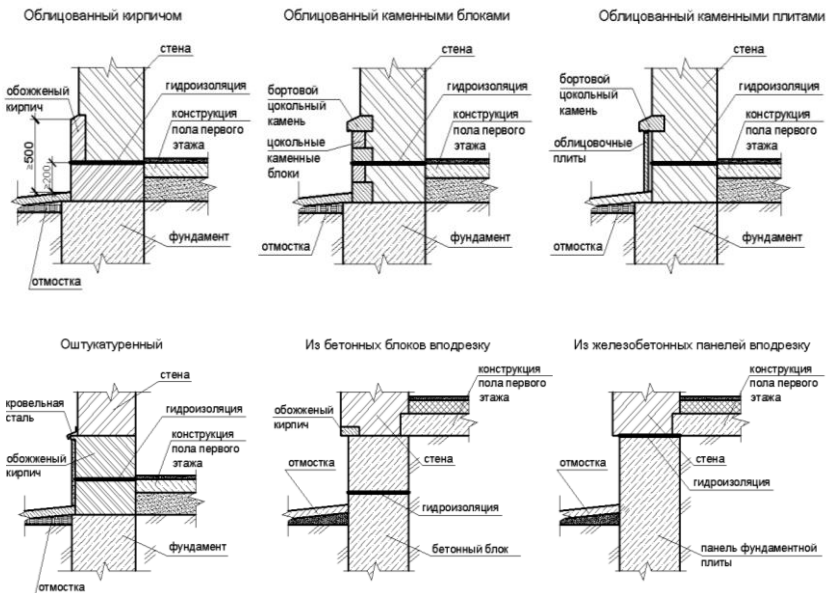


Рис. 5.6. Типы конструкций цоколей

Перемычки – конструкции, перекрывающие проем сверху.

Классификация перемычек.

1. По несущей способности:

- а) несущие – несут собственный вес, вес вышележащей кладки и нагрузку от плиты перекрытия;
- б) ненесущие – несут собственный вес и вес вышележащей кладки.

2. По материалу:

- а) кирпичные (рядовые (рис. 5.7), арочные (рис. 5.8), армокирпичные, клинчатые (рис. 5.9)).



Рис. 5.7. Рядовая перемычка

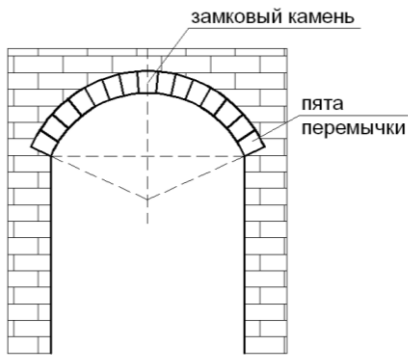


Рис. 5.8. Арочная перемычка

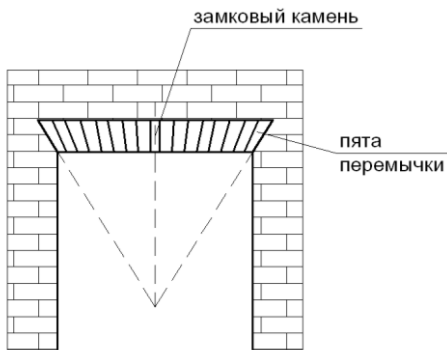


Рис. 5.9. Плоская клинчатая перемычка

Рядовая перемычка применяется при ширине проема до 2 м (в состав входят: слой раствора толщиной 30 мм, арматурный стержень $d=6$ мм, кирпичная кладка высотой равной $\frac{1}{2}$ ширине проема (4...5 рядов кирпичной кладки)). Арматура данной перемычки укладывается конструктивно из расчета 1 стержень на 130 мм толщины стены.

Армокирпичная перемычка – конструкция ее аналогична конструкции рядовой кирпичной перемычки, но количество стержней и диаметр арматуры определяется расчетом, и кладка в работе данной перемычки не участвует;

б) стальные перемычки – выполняются в виде прокатных профилей швеллеров и укладываются в перегородках толщиной 100 мм (над проемом);

в) железобетонные перемычки (несущие и ненесущие) – образуются путем набора отдельных железобетонных брусьев (рис. 5.10, 5.11).

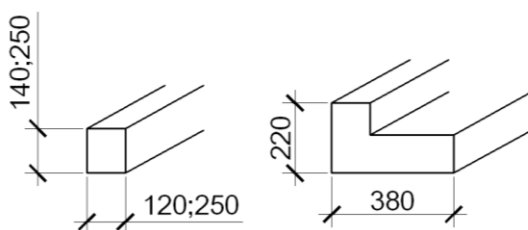


Рис. 5.10. Несущие железобетонные перемычки

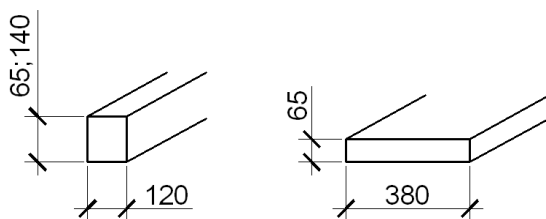


Рис. 5.11. Ненесущие железобетонные перемычки

Способы расположения сборных железобетонных перемычек в стенах.

Несущая перемычка опирается на стену с двух сторон на 250 мм, а ненесущая – на 120 мм.

Стены наружные несущие.

Дано: $a = 660$ мм (толщина стены); $B = 1800$ мм (ширина проема).

Разложить перемычки и определить их длину l .

1. Определяем количество железобетонных брусков для перемычки: толщину стены делим на ширину бруска, принимая ее за 120 мм (рис. 5.12).

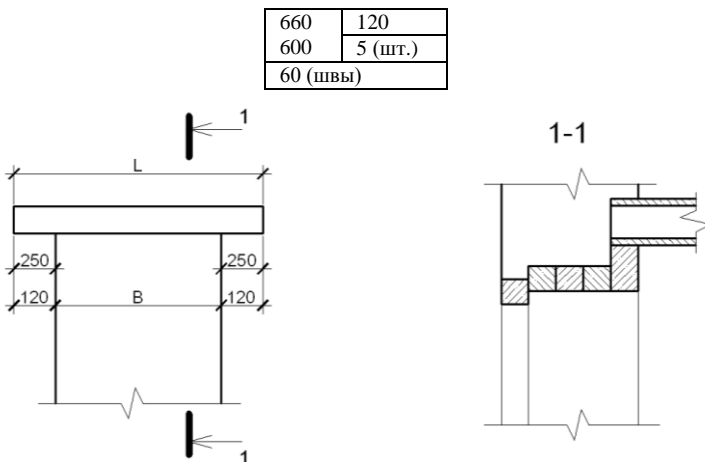


Рис. 5.12. Расположение перемычек в несущей стене

2. Определяем длину брусков:

$$l_{\text{нес}} = B + 250 + 250 = 1800 + 500 = 2300 \text{ мм};$$

$$l_{\text{ненес}} = B + 120 + 120 = 1800 + 240 = 2040 \text{ мм}.$$

3. Подбираем марку перемычки по каталогу по длине, округляя в большую сторону.

Стены наружные ненесущие.

Дано: $a = 710$ мм (толщина стены); $B = 1500$ мм (ширина проема).

Разложить перемычки, определить их длину l .

1. Определяем количество железобетонных брусков для перемычки: толщину стены делим на ширину бруска, принимая ее за 120 мм (рис. 5.13).

2. Определяем длину брусков:

$$l_{\text{ненес}} = B + 120 + 120 = 1500 + 240 = 1740 \text{ мм}.$$

3. Подбираем марку перемычки по каталогу по длине, округляя в большую сторону.

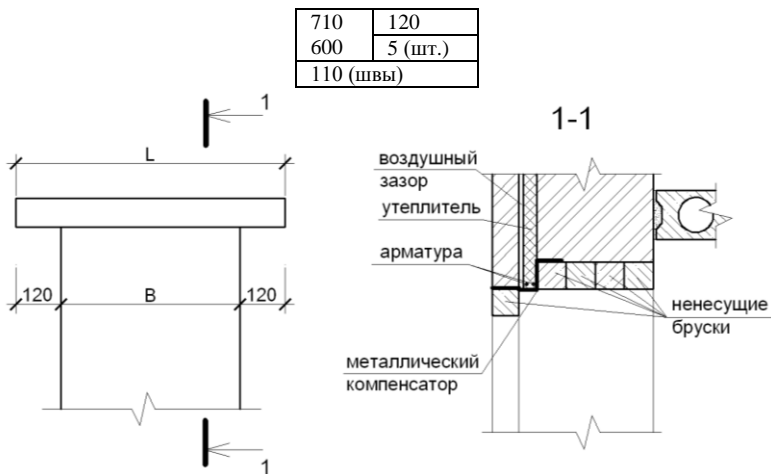


Рис. 5.13. Расположение перемычек в несущей стене

Стены внутренние несущие.

Дано: $a = 380$ мм (толщина стены); $B = 1000$ мм (ширина проема).

Разложить перемычки, определить их длину l .

1. Определяем количество железобетонных брусков для перемычки: толщину стены делим на ширину бруска, принимая ее за 120 мм (рис. 5.14).

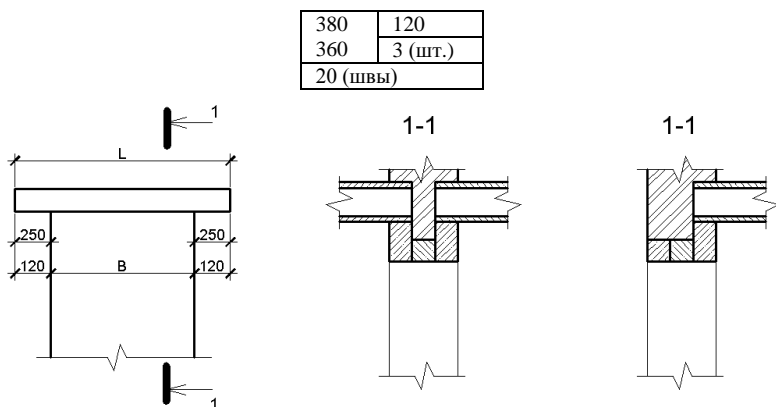


Рис. 5.14. Расположение перемычек во внутренней несущей стене

2. Определяем длину брусков:

$$l_{\text{нес}} = B + 250 + 250 = 1000 + 500 = 1500 \text{ мм};$$

$$l_{\text{нес}} = B + 120 + 120 = 1000 + 240 = 1240 \text{ мм}.$$

3. Подбираем марку перемычки по каталогу по длине, округляя в большую сторону.

Стены внутренние несущие.

Дано: $a = 380$ мм (толщина стены); $B = 1200$ мм (ширина проема).

Разложить перемычки, определить их длину l .

1. Определяем количество железобетонных брусков для перемычки: толщину стены делим на ширину бруска, принимая ее за 120 мм (рис. 5.15).

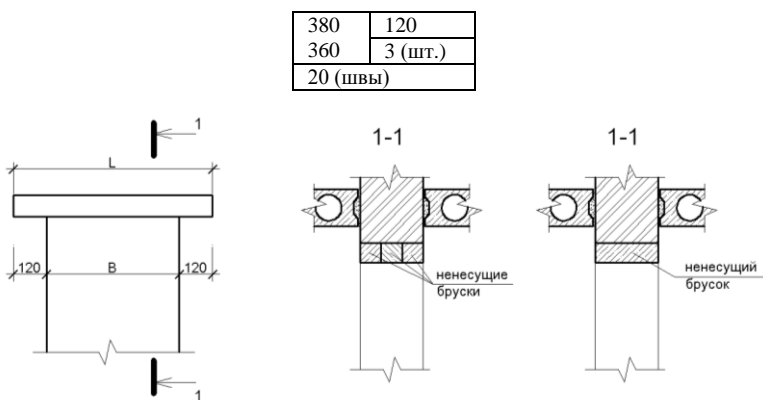


Рис. 5.15. Расположение перемычек во внутренней несущей стене

2. Определяем длину брусков:

$$l_{\text{нес}} = B + 120 + 120 = 1200 + 240 = 1440 \text{ мм}.$$

3. Подбираем марку перемычки по каталогу по длине, округляя в большую сторону.

Простенок (рис. 5.16) – часть стены, расположенная между проемами. В простенках, как правило, оставляют **четверти** (выступы). Четверти предохраняют оконную или дверную коробку от атмосферных воздействий, улучшают условия крепления этих коробок. Боковые плоскости простенков называют **откосами**.

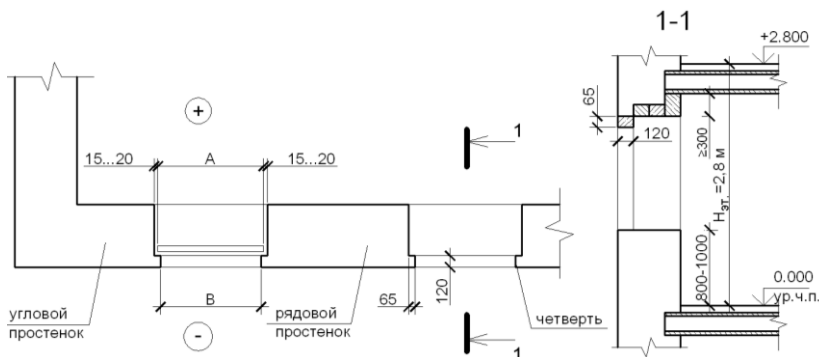


Рис. 5.16. Конструкция простенка:

A – ширина оконного блока;

B – ширина оконного проема;

$$B = A + 2 \cdot (15 \dots 20) - 2 \cdot 65$$

Карнизы – конструктивные элементы, защищающие стены здания от дождя и талой воды.

Карниз является архитектурным завершением здания. При выносе карниза до 300 мм его выполняют из кирпича (рис. 5.17), а при выносе более 300 мм – из железобетонных плит (рис. 5.18).

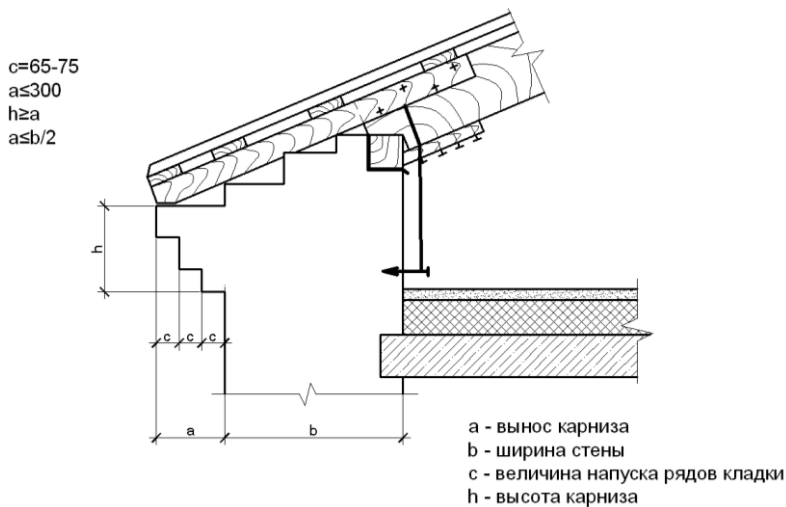


Рис. 5.17. Карниз кирпичный

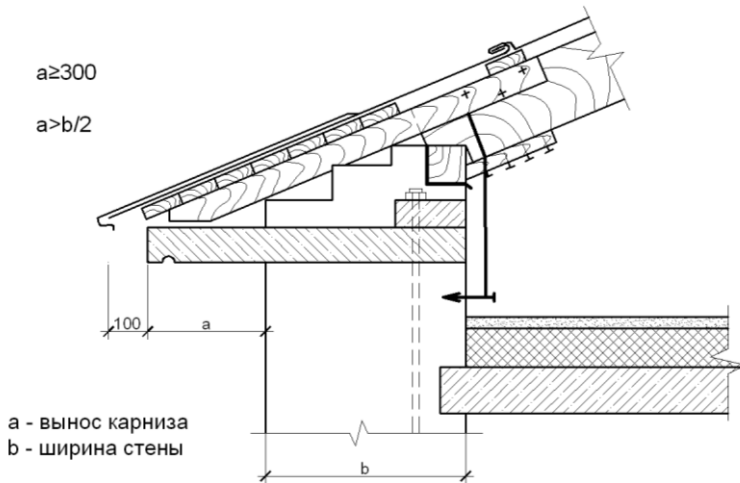


Рис. 5.18. Карниз железобетонный

5.5. Балконы, лоджии, эркеры

Балкон – площадка, выступающая за пределы плоскости стены и имеющая ограждения (рис. 5.19).

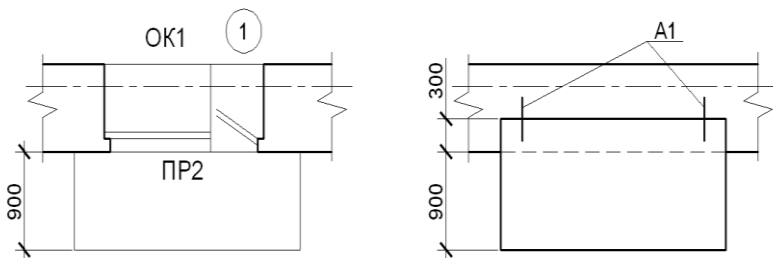


Рис. 5.19. Изображение балкона на плане этажа и плане перекрытия

Лоджия – открытое с одной фасадной стороны помещение и огражденное с двух сторон капитальными стенами. Сверху лоджия перекрывается плитами перекрытия (рис. 5.20).

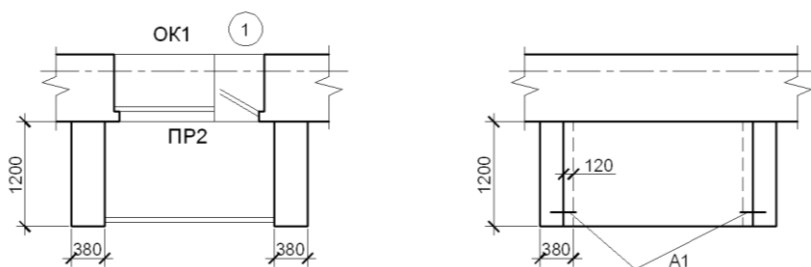


Рис. 5.20. Изображение лоджии на плане этажа и плане перекрытия

Эркер – выступающий объем из плоскости наружной стены, служит для дополнительного освещения квартир и для архитектурной выразительности здания (рис. 5.21). Эркер имеет фундамент или со второго этажа опирается поэтажно на консольные конструкции.

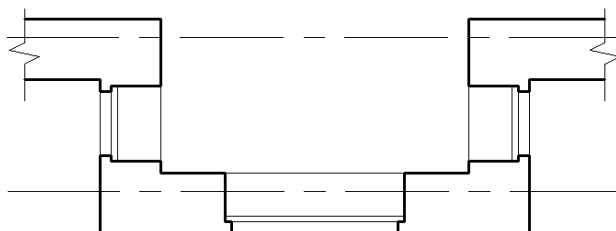


Рис. 5.21. Изображение эркера

5.6. Деформационные швы

Деформационный шов – сквозной вертикальный зазор, заполненный эластичным материалом. Деформационный шов предотвращает появление трещин от перепада температур и неравномерной осадки здания.

По виду деформационные швы могут быть:

1. **Температурные.** При повышении температуры частицы материала стен, расширяясь, давят друг на друга и при большой ее протяженности в ней накапливаются огромные внутренние усилия, которые могут привести к образованию трещин. Температурный шов устраивается от обреза фундамента и по карнизу здания включительно. Расстоя-

ние между швами определяется при проектировании по нормам. Чем ниже зимняя температура, тем швы располагаются чаще.

2. *Осадочные швы.* Устраиваются, если:

- а) осадка здания за счет уплотнения грунта под подошвой фундамента неодинакова;
- б) основание неоднородное;
- в) к существующему зданию пристраивается новое;
- г) существует перепад высот здания более чем на 10 м.

В таких швах прокладывают два слоя гидроизоляционного материала, облегчающего взаимное скольжение двух стен при неравномерной осадке.

Осадочный шов расчленяет здание от подошвы фундамента до верха здания. Осадочный шов может выполнять функции температурного. Температурный шов, поскольку он не разрезает фундамент, функции осадочного шва выполнять не может (рис. 5.22).



Рис. 5.22. Деформационные швы

3. *Усадочные швы* устраиваются в монолитных бетонных стенах большой протяженности, так как при твердении монолитные стены уменьшаются в объеме. После усадки ширина шва заделывается раствором.

4. *Антисейсмические швы* устраиваются в зданиях, строящихся в сейсмических районах.

5.7. Виды наружной и внутренней отделки стен

Наружная отделка:

- 1) облицовка лицевым кирпичом с расшивкой швов;
- 2) декоративная окраска;
- 3) облицовка керамическими изделиями;

4) облицовка плитками из природного камня.

Внутренняя отделка:

1) штукатурка;

2) плиты ГК;

3) плиты ДВП, ДСП;

4) керамическая облицовка;

5) отделка синтетическими материалами.

Отделка того или иного помещения зависит от его назначения.

5.8. Элементы каркаса. Кирпичные столбы. Железобетонные прогоны. Узлы их сопряжения

Отдельные опоры в зданиях с несущими каменными стенами – элементы внутреннего каркаса, при небольшой высоте здания выполняются в виде кирпичных столбов размером 510×380 мм.

Кладку армируют сеткой $d = 3 \dots 5$ мм с размерами ячеек от 30×30 до 120×120 мм (рис. 5.23).

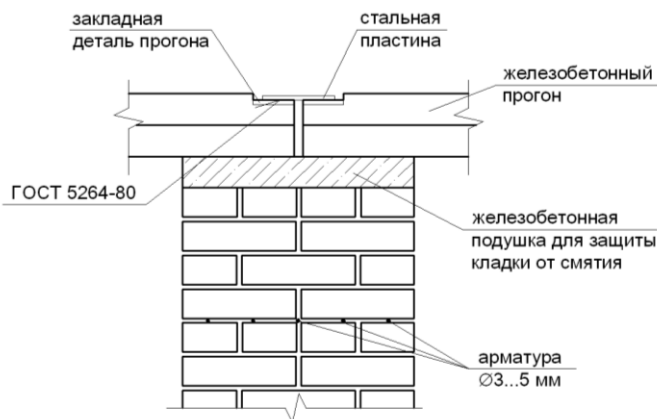


Рис. 5.23. Сопряжение кирпичного столба с железобетонным прогоном

Роль сеток – воспринимать поперечные растягивающие усилия, возникающие в столбе при сжатии. Высокие столбы усиливают дополнительно арматурой из вертикальных стержней, связанных между собой хомутами.

Недостатки: значительная площадь, малая несущая способность.

Глава 6. СТЕНЫ ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ, ИХ РАЗРЕЗКА И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ

Крупноблочными называют здания, стены которых возводят из крупных камней (блоков) массой от 0,3 до 3 т и более. Для таких зданий характерны конструктивные схемы с продольным расположением несущих стен и с поперечным расположением несущих стен. При любой конструктивной схеме стены из крупных блоков выкладывают с перевязкой швов.

В крупноблочных зданиях все другие конструктивные элементы выполняют из крупноразмерных элементов и деталей. Крупные блоки для наружных стен выполняют из легкого бетона толщиной 400, 500, 600 мм. Основной формой крупных блоков является прямоугольный параллелепипед.

Номенклатура блоков (их размеры и основные параметры) унифицирована и сведена в каталоги. Размеры блоков выбирают в зависимости от схемы членения стены, так называемой **разрезки**. Системы разрезки блочных стен – это число рядов блоков, образующих один этаж. Бывают двухрядная, трехрядная, четырехрядная разрезки.

Используют две схемы разрезки стен – двухрядную и четырехрядную (рис. 6.1).

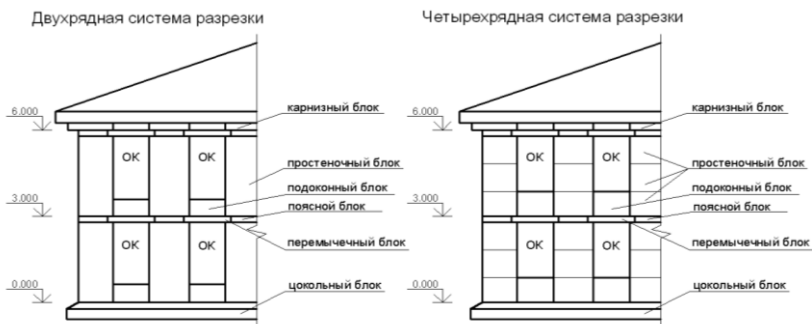


Рис. 6.1. Виды разрезов стен из крупных блоков

Простеночные блоки делают с четвертями наружу, а подоконные – с четвертями внутрь. Блок-перемычка имеет четверти: сверху – для опирания плит перекрытия, снизу – для оконной коробки. Если стена без проемов, то в торцах здания вместо блоков-перемычек применяют поясные блоки, не имеющие четвертей. Подоконные блоки с целью

устройства под окном ниш для приборов отопления делают на 100 мм тоньше простеночных. Применяют также специальные типы блоков – угловые, кокольные, карнизные, для стен лестничной клетки и др. (рис. 6.2).

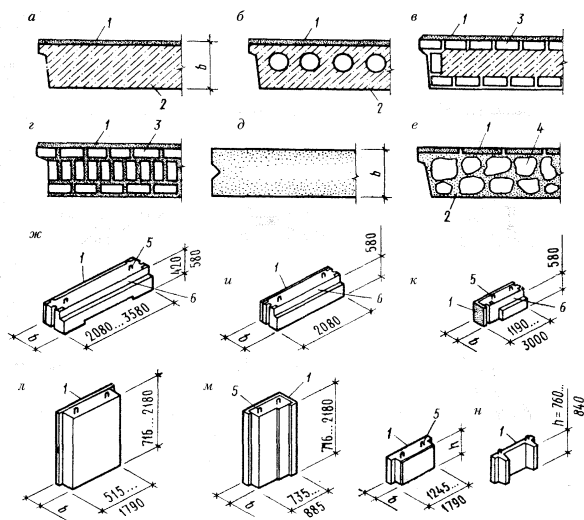


Рис. 6.2. Основные типы крупных блоков:

- a-e* – конструкция блоков; *ж-и* – габаритные схемы
a – сплошной легковесный; *б* – с пустотами; *в* – кирпичный с легковесным вкладышем; *з* – из эффективного кирпича;
д – из природного камня или арболита; *е* – из природного камня на легковесной связке; *ж* – перемычечный; *и* – поясной рядовой);
к – поясной угловой; *л* – простеночный рядовой; *м* – простеночный угловой;
н – подоконный; *1* – фасадная сторона; *2* – легкий бетон; *3* – кирпич;
4 – природный камень малой плотности; *5* – подъемная петля;
б – четверть для опоры элементов перекрытия

Для снижения массы блоков в них иногда устраивают цилиндрические вертикальные пустоты.

Блоки внутренних стен выполняют из тяжелого бетона толщиной 300 мм с вертикальными пустотами, которые также используют в качестве вентиляционных каналов.

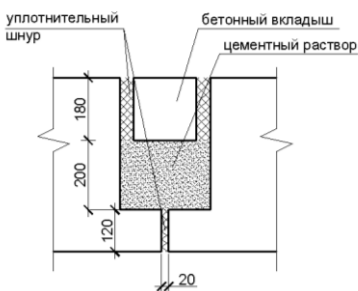
Внешнюю поверхность блоков наружных стен изготавливают с фактурным слоем (из раствора, декоративного бетона), а внутренняя поверхность должна быть подготовлена под окраску или оклейку обоями.

6.1. Узлы крупноблочных зданий

Крупные блоки укладывают друг на друга по слою раствора толщиной 10...20 мм с применением временных прокладок.

По конструктивному решению вертикальные стыки могут быть открытые (с внутренней стороны) и закрытые (рис. 6.3, 6.4). Открытые получаются в результате сопряжения простеночных блоков, устанавливаемых рядом.

Открытый стык блоков наружных стен



Связь блоков наружных стен

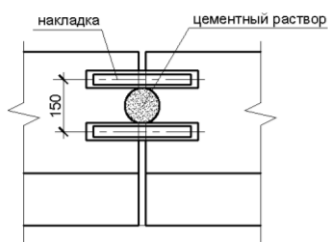
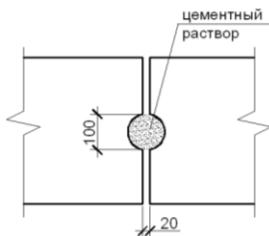


Рис. 6.3. Открытые стыки блоков

Закрытый стык блоков внутренних стен



Закрытый стык простеночных и подоконных блоков

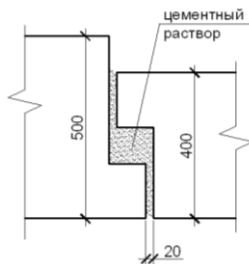


Рис. 6.4. Закрытые стыки блоков

Закрытые стыки образуются при стыковании внутренних стен и горизонтального перемычечного блока, а также простеночных подоконных блоков. Вертикальные стыки с обеих сторон предварительно заделывают уплотнительным шнуром, а затем зачеканивают на глубину 20...30 мм густым раствором.

Хорошую связь между продольными и поперечным стенами обеспечивают с помощью арматуры из полосовой стали, привариваемой к закладным деталям (рис. 6.5).

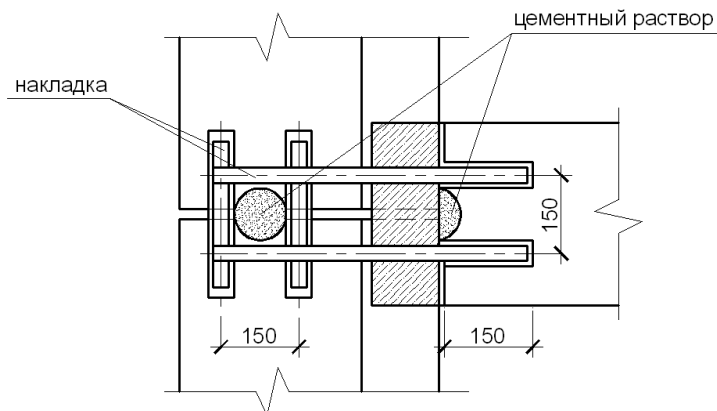


Рис. 6.5. Связь блоков внутренних и наружных стен

Цокольные блоки устанавливают по слою гидроизоляции, располагаемому по верхней выровненной поверхности фундамента. Карнизные блоки крепят анкерами к панелям перекрытий. При устройстве балконов и лоджий предусматривают специальные гнезда в блоках для плит.

Глава 7. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕКРЫТИЯХ. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ. ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Перекрытие – конструктивный элемент здания, разделяющий его на этажи.

Классификация перекрытий.

1. По месторасположению:

- а) междуэтажные;
- б) надподвальные;
- в) чердачные.

2. По материалу:

- а) железобетонные;
- б) стальные;
- в) деревянные.

3. По способу возведения:

- а) сборные;
- б) монолитные;
- в) сборно-монолитные.

4. По конструктивному решению:

- а) балочные (несущий элемент – балки, на которые укладываются элементы покрытия);
- б) плитные (состоят из несущих плит, опирающихся на вертикальные несущие опоры здания);
- в) безбалочные (состоят из плиты, связанной с вертикальной опорой капителью).

Требования к перекрытиям:

- прочность;
- жесткость;
- звукоизоляция;
- противопожарные;
- теплоизоляция;
- водонепроницаемость;
- индустриальность.

7.1. Характеристика плит сборных железобетонных перекрытий

Железобетонные перекрытия являются наиболее надежными и долговечными, поэтому находят повсеместное применение в гражданском строительстве.

В настоящее время выпускают следующие типы железобетонных плит:

1. Перекрытия с круглыми пустотами (рис. 7.1).

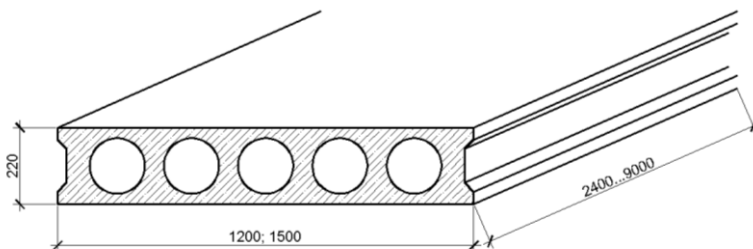


Рис. 7.1. Плита с круглыми пустотами

2. Перекрытия с вертикальными пустотами (рис. 7.2).

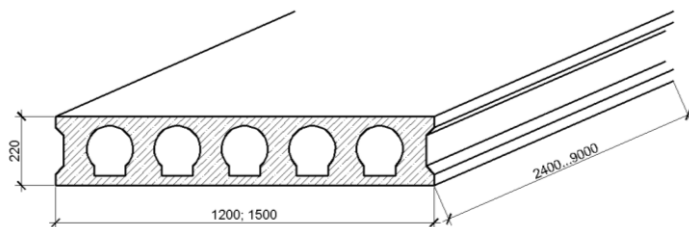


Рис. 7.2. Плита с вертикальными пустотами

3. Перекрытия с овальными пустотами (экономичны, но трудоемки) (рис. 7.3).

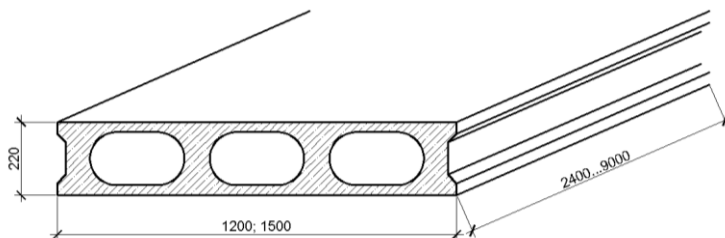


Рис. 7.3. Плита с овальными пустотами

4. Шатровые перекрытия (рис. 7.4).

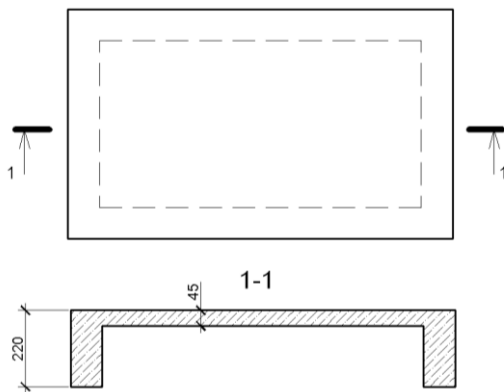


Рис. 7.4. Шатровая плита

5. Перекрытия ребристые (рис. 7.5).

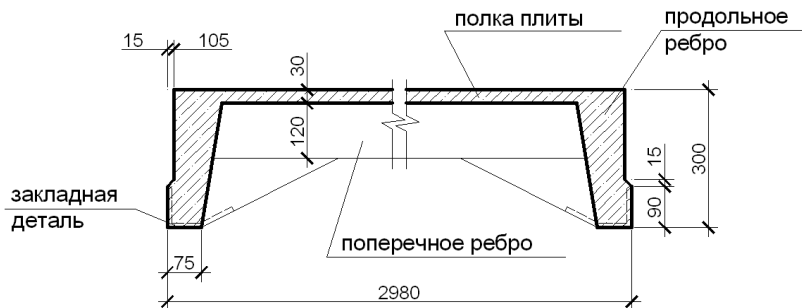


Рис. 7.5. Ребристая плита

Многopустотные железобетонные плиты укладывают на несущие стены по слою раствора. Швы между плитами перекрытия замазывают цементным раствором М100 или тяжелым бетоном, образующим жесткий монолитный диск перекрытия.

Для обеспечения пространственной жесткости плиты анкеруют с наружными стенами и между собой (рис. 7.6, 7.7).

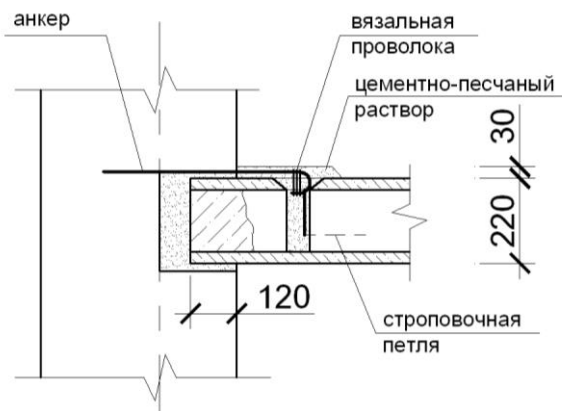


Рис. 7.6. Узел опирания перекрытия на наружную стену

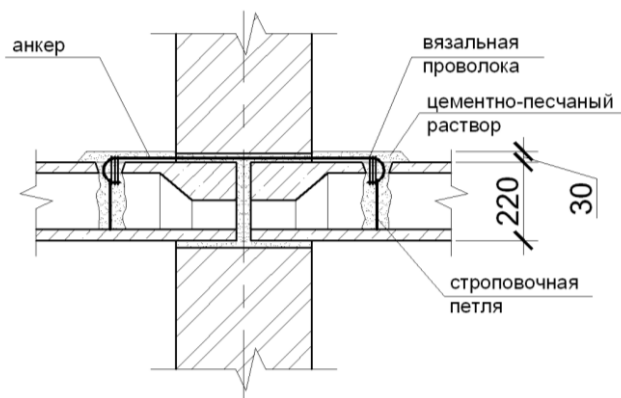


Рис. 7.7. Узел опирания перекрытия на внутреннюю стену

Плиты перекрытия опираются на кирпичную стену на величину 100...200 мм. На стену, возведенную из блоков, плиты перекрытия опираются на 120 мм.

7.2. Особенности конструктивных решений перекрытий

Особенности конструктивных решений.

1. Междуетажные перекрытия с устройством дощатого пола (рис. 7.8).

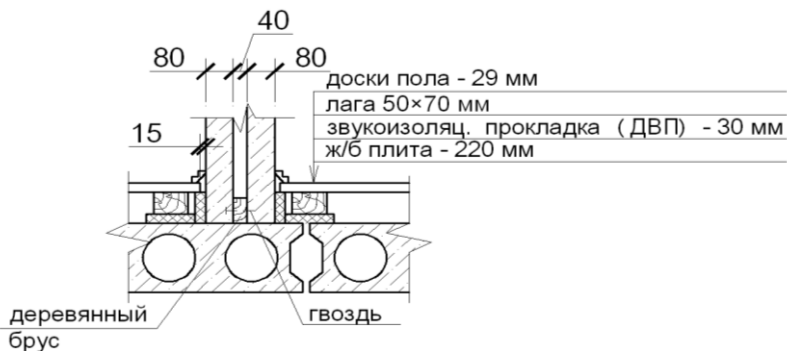


Рис. 7.8. Междуетажное перекрытие в жилых комнатах

2. Перекрытия в санузлах (рис. 7.9).

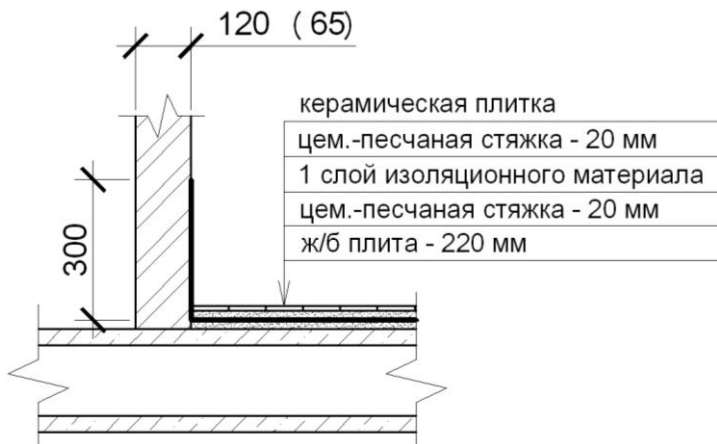


Рис. 7.9. Междуетажное перекрытие в помещениях с повышенной влажностью

3. Устройство перекрытия из линолеума (рис. 7.10).

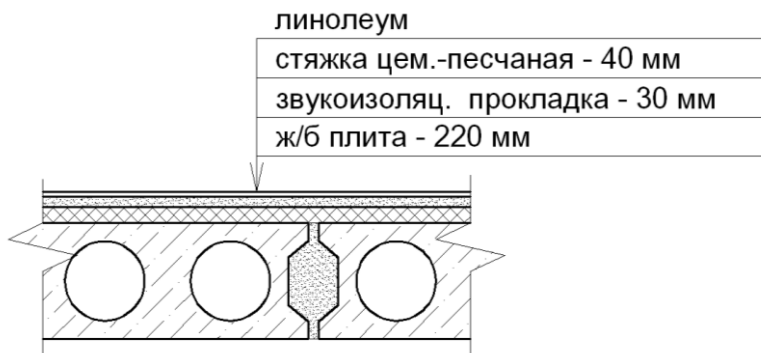


Рис. 7.10. Перекрытие с конструкцией пола из рулонных материалов

4. Перекрытие над подвалом (рис. 7.11).

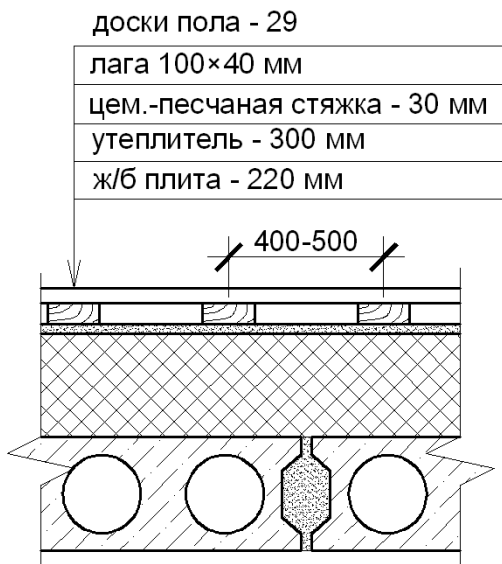


Рис. 7.11. Перекрытие над неотапливаемым подвалом

5. Чердачное перекрытие (рис. 7.12).



Рис. 7.12. Чердачное перекрытие в здании с холодным чердаком

Стяжка – слой, служащий для выравнивания поверхности подстилающего слоя или для создания нужного уклона. Материал: цементно-песчаный раствор, асфальт, гипсобетон, мелкозернистый бетон, керамзит, самонивелирующаяся стяжка, раствор полиликса, Ceresit CN 72 (при жестком утеплителе). Толщина – 110 мм.

Утеплитель (толщина принимается из теплотехнического расчета):

- 1) сыпучий материал (керамзит, шлак);
- 2) плитные (газосиликат, минераловатные плиты «ИзOVER», «Парок», стекловолокно URSA, пенополистерол).

Пароизоляция – материал, который под слоем утеплителя служит для его защиты от паров и конденсата («Полимикс ГС» в 2...3 слоя, мастика «Аутокрин», пергамин П-300, П-350, рубероид РКП-350, кровляэласт Г-ПХ-БЭ-ПП/ПП-3,0, бикрост СТ-200). Укладывается со стороны теплого помещения.

7.3. Конструкция подвесных потолков

Подвесной потолок – элемент внутренней отделки общественных и жилых зданий.

Применение подвесных потолков нужно, чтобы скрыть расположенные под потолком инженерные сети и оборудование, улучшить акустические качества помещения, декоративные свойства помещения и т. д.

Основные элементы подвесных потолков:

- 1) несущая часть;
- 2) лицевой элемент.

Несущая часть состоит из каркаса, подвесок, деталей крепления и регулирования.

В зависимости от назначения помещения подвесные потолки проектируют двух видов: проходные и непроходные.

Проходные подвесные потолки проектируют в зданиях с большими пролетами, перекрытыми фермами при доступной для прохода высоте межферменного пространства.

По геометрической схеме фермы различают: треугольные, полигональные и сегментные (рис. 7.13).



Рис. 7.13. Геометрические схемы ферм

По фермам укладываются ребристые плиты покрытия (рис. 7.14).

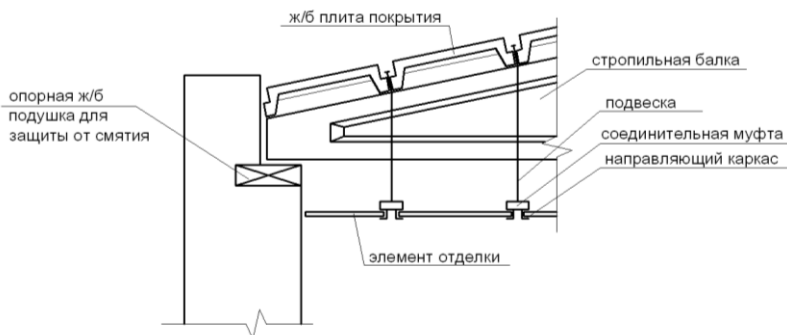


Рис. 7.14. Конструкция подвесного потолка проходного

Непроходные подвесные потолки применяются в жилых и общественных зданиях при небольшой высоте помещений. Потолки подвешивают ниже перекрытия на 250...450 мм, шаг подвесок составляет 1200...1500 мм. Для более легких – 2000...2200 мм. Подвески выполняются из оцинкованной стали и могут быть гибкими и жесткими (рис. 7.15).

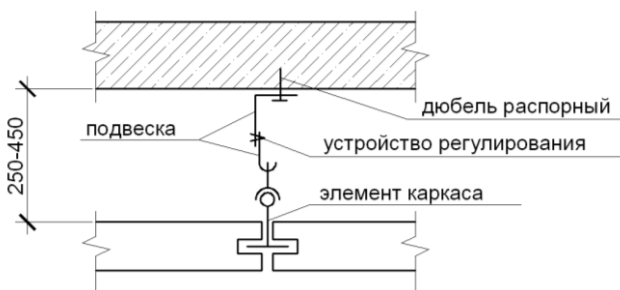


Рис. 7.15. Конструкция подвесного потолка непроходного

Применяют также подвесные потолки, у которых отсутствуют подвески и лицевой элемент располагается на 250 мм ниже от панели покрытия (рис. 7.16).

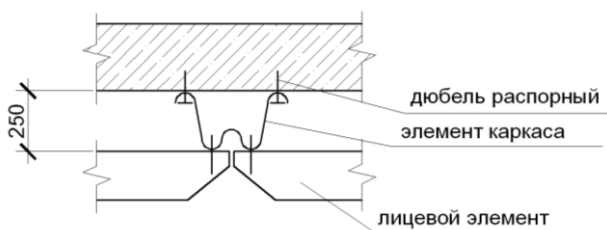


Рис. 7.16. Конструкция подвесного потолка без подвески

Натяжные потолки представляют собой тонкую пленку или ткань, натягиваемую на специальный каркас, называемый «багет», который закрепляется либо на базовом потолке, либо по периметру стен под потолком. Потолочная поверхность получается идеально ровной и имеет вид твердого потолка.

Достоинства натяжного потолка:

- скрытие неровностей базового потолка;
- скрытие в межпотолочном пространстве изоляционных или акустических материалов;
- влагостойкость, химическая стойкость;
- удобство демонтажа;
- устройство в помещениях любой конфигурации, под любым наклоном (создание арок, шатров и др.).

Расстояние от базового потолка произвольное, позволяющее установить встроенные светильники; минимальное расстояние – 25...30 мм. Толщина пленки ПВХ – 0,15...0,35 мм, ширина – 1,3...2,2 м. Соединение швов выполняется с помощью сварки.

Натяжные потолки крепятся по периметру к стенам, а иногда к основному потолку, на выбранной высоте с помощью устройства фиксации и подвески, специально разработанного для этой цели и оборудованного контрольной блокировкой.

Главным элементом натяжного потолка является *багет* – фиксирующий профиль. Главная функция багета – обеспечение крепления натяжного потолка с поддержанием его натяжения. Багет для фиксации по периметру состоит из ПВХ-профиля или из профиля алюминия.

Багет оборудован системой компенсации давления, что обеспечивает хорошую вентиляцию межпотолочного пространства (за исключением профилей из алюминия). Воздушные регуляторы позволяют поддерживать под потолком хороший микроклимат.

Глава 8. ПОНЯТИЕ О КРЫШАХ. КЛАССИФИКАЦИЯ КРЫШ, ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Крыша (покрытие) – совокупность элементов, завершающих здание и защищающих его от внешних воздействий. Состоит из *несущей части* и верхнего водонепроницаемого слоя – *кровли*.

Классификация крыш.

1. По конструкции:

- а) чердачные;
- б) бесчердачные.

2. По числу скатов:

- а) односкатные;
- б) двускатные;
- в) многоскатные.

3. По условиям эксплуатации:

- а) эксплуатируемые;
- б) неэксплуатируемые.

Требования к крышам:

- прочность;
- водонепроницаемость;
- влагостойчивость;
- долговечность;
- огнестойкость;
- индустриальность;
- экономичность.

8.1. Скатные крыши, их элементы. Конструктивные элементы наслонных стропил. Назначение слуховых окон. Конструкции крыш над мансардными этажами

Скатные крыши являются одной из разновидностей покрытий здания. Скатными крыши названы потому, что выполняются в виде системы пересекающихся наклонных плоскостей – скатов, способствующих отводу дождевых и талых вод. В большинстве случаев такие крыши устраиваются над чердаками, поэтому называются чердачными скатными крышами. Уклон их – более 10 %.

Уклон выражается в градусах наклона ската к условной горизонтальной плоскости через тангенс этого угла в виде дроби или процентов.

В зависимости от геометрической формы здания в плане, архитектурных соображений крыши бывают различных форм (рис. 8.1).

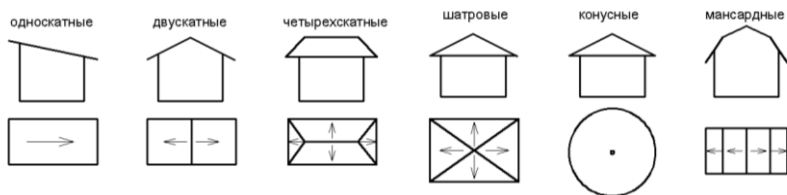


Рис. 8.1. Формы крыш

Чердак – это пространство между поверхностью крыши, наружными стенами и перекрытием верхнего этажа. Высоту чердака для движения людей принимают не менее 1,6 м. Для освещения и проветривания чердака в крыше устраивают слуховые окна.

Мансарда – этаж в чердачном пространстве, стены которого частично образованы наклонными бесчердачными скатами крыши.

Элементы скатных крыш представлены на рис. 8.2.

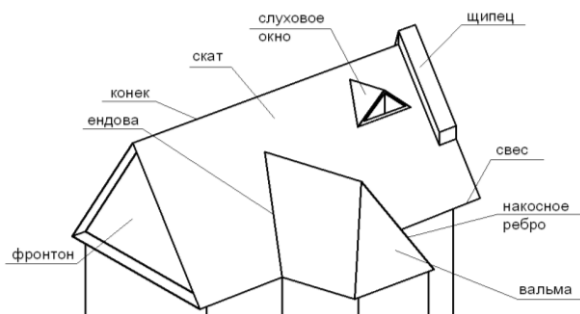


Рис. 8.2. Элементы скатных крыш

Ребро – пересечение скатов кровли.

Конек – верхнее горизонтальное ребро.

Накосное ребро – пересечение скатов, образующих выступающий угол.

Ендова – пересечение скатов, образующих западающий угол.

Фронтон – верхняя треугольная часть наружной стены, перекрытая скатами.

Щипец – выступающая часть стены над поверхностью скатов.

Вальмы – треугольные скаты, которые имеет крыша многогранного в плане здания.

Полувальма образуется, если наклонный скат срезает не весь торец двускатной крыши, а только верхнюю или нижнюю ее часть.

Свес – выступ крыши перед фасадом.

8.2. Построение плана и фасада скатной крыши

При построении плана скатных крыш выделяем прямоугольник наибольшей ширины, затем выделяем прямоугольники по убыванию, так как конек прямоугольника наибольшей ширины располагается выше остальных.

На свободных концах прямоугольника указываем расположение ребер под углом 45° , конек, вальмы.

Линию конька меньшего прямоугольника проводим до пересечения с ребром большего прямоугольника, при одинаковой ширине – до пересечения с коньком (рис. 8.3).

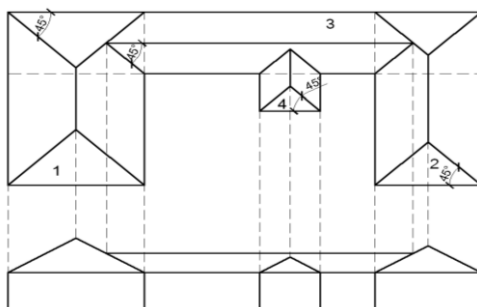


Рис. 8.3. Построение плана крыши

Построение необходимо выполнять, чтобы знать расположение несущих элементов крыши, в качестве которых применяют деревянные наслонные стропила и висячие стропила (стропильные фермы).

8.3. Конструктивные элементы наслонных стропил

Несущей конструкцией скатных крыш являются наслонные стропила, по которым делают обрешетку, являющуюся основанием для кровли.

Наслонные стропила (рис. 8.4) устраивают в зданиях, имеющих внутренние опоры с расстоянием между ними не более 6000...7500 мм.

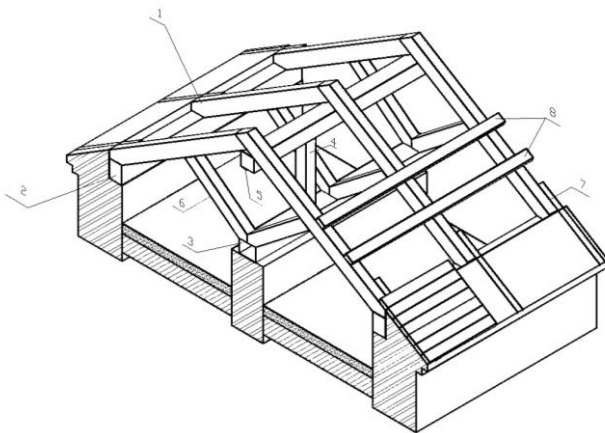


Рис. 8.4. Наслонная стропильная система:
 1 – стропильные ноги; 2 – мауэрлат; 3 – лежень; 4 – стойки;
 5 – коньковый (верхний) прогон; 6 – подкосы; 7 – кобылки; 8 – обрешетка

Наслонные стропила представляют собой пространственную систему, изготовляемую из досок или брусьев и состоящую из следующих элементов:

- *стропильные ноги*, т. е. наклонные балки размером 120×160, 140×180 мм. Шаг стропильных ног из брусьев составляет 1,5...2 м, шаг досок – 1...1,5 м;

- *мауэрлат* – горизонтальная балка сечением 160×140, 160×180 мм, воспринимающая нагрузки от концов стропильных ног, служит для равномерного распределения нагрузки на кирпичную стену. Укладывается по всему периметру здания;

- *лежень* – горизонтальный элемент для опирания стоек сечением 140×160, 160×180 мм;

- *стойки* – вертикальные элементы сечением 120×120, 140×160 мм, поддерживающие коньковый прогон. Устанавливают стойки, начиная с опорного узла, через 3...6 м.;

- *коньковый (верхний) прогон* – горизонтальный элемент, поддерживающий верхние концы стропильных ног. Имеет размеры сечения 160×160, 220×220 мм;

- *подкосы* – наклонные элементы сечением 80×80, 140×140 мм, поддерживающие стропильные ноги;

- *кобылки*, или *коротыши досок*, сечением 40×100 мм – прибивают

в уровне карниза к стропильным ногам, по верху которых прибивают обрешетку;

- *диагональные стропильные ноги* – укладываются из углов здания в местах пересечения скатов;

- *нарожник* – укороченные стропильные ноги, врезаемые в диагональную стропильную ногу;

- *ригель (затяжка)* – связывает стропильные ноги между собой, устраивается при ширине здания более 12 м. Размер сечения ригеля – 50×50 мм;

- *распорка*.

Алгоритм построения плана наслонных стропил (рис. 8.5).

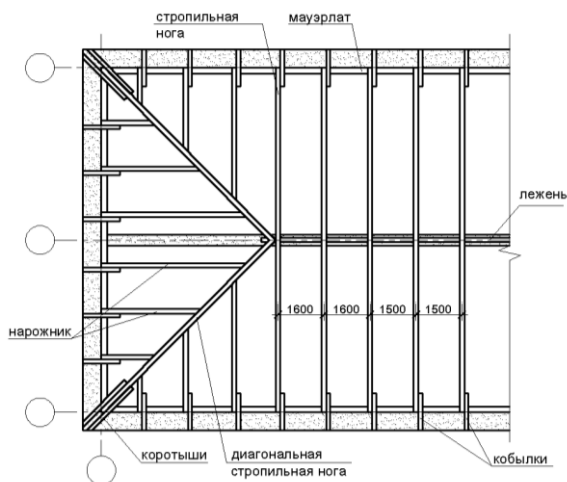


Рис. 8.5. План наслонной стропильной системы

1. Нанести координационные оси здания.
2. Нанести контур стен.
3. По периметру здания на наружные стены уложить мауэрлат.
4. В углах здания уложить опорный ригель для опирания диагональных стропильных ног.
5. Под углом 45° из углов здания вычертить диагональные стропильные ноги.
6. По внутренней стене здания уложить лежень и показать верхний прогон.

7. Уложить стропильные ноги, начиная с опорного узла, через определенное расстояние.

8. По диагональным стропильным ногам уложить в шахматном порядке короткие стропильные ноги (нарожники).

9. Установить стойки через 3000...6000 мм, начиная с опорного узла.

10. При ширине здания более 12 м к стропильным ногам уложить ригель.

11. Для образования карниза к каждой стропильной ноге прибивается кобылка, а к диагональным стропильным ногам кобылки, называемые коротышами, прибиваются с двух сторон.

Эффективным решением устройства крыши является применение наслонных стропил для перекрытия пролетов до 14 м при наличии в здании одной внутренней опоры и до 16 м – двух внутренних опор (рис. 8.6, 8.7).

Сопряжения стропил выполняют с применением крепежных болтов, скоб или гвоздей.

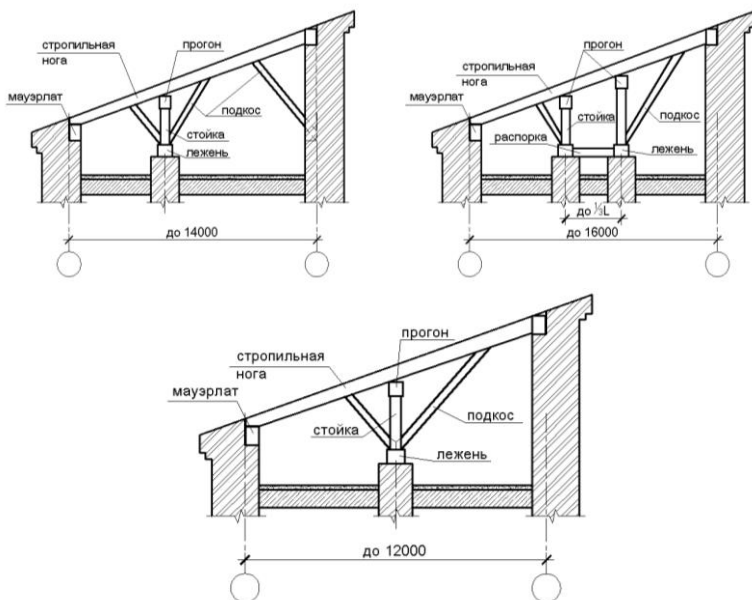


Рис. 8.6. Конструктивные схемы односкатных крыш с наслонной стропильной системой

Конструктивные схемы двускатных крыш из деревянных наслонных стропил

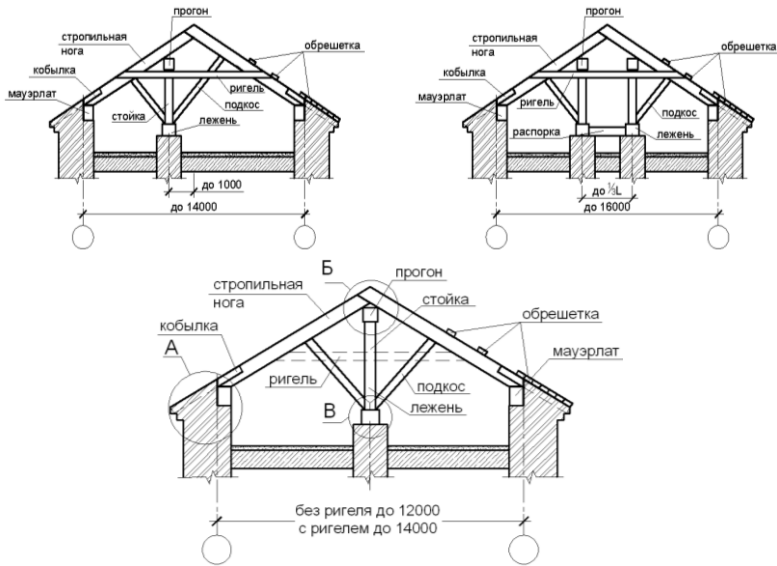


Рис. 8.7. Конструктивные схемы двускатных крыш с наслонной стропильной системой

В том случае когда расстояние между опорами (наружными или внутренними) составляет более 7500 мм, в гражданских зданиях несущей основой крыши являются **стропильные фермы**, представляющие собой плоскую геометрически неизменяемую решетчатую систему, состоящую из отдельных, связанных между собой элементов (стержней). Стропильные фермы могут быть деревянные, металлодеревянные, стальные и железобетонные. Деревянные фермы называют **висячими стропилами** (рис. 8.8).



Рис. 8.8. Схемы висячих стропил

Шаг стропильных ферм при пролетах до 9 м составляет 3...4 м, при пролетах более 10 м – 1,5...2 м.

Слуховые окна устраивают в скатных крышах для освещения, проветривания чердака, выхода через них на крышу. Они могут быть полукруглой, треугольной, прямоугольной формы (рис. 8.9). Освещение осуществляется через остекленную створку переплета размером не менее 0,6×0,8 м. Для проветривания служат деревянные жалюзийные решетки, располагаемые смежно с остекленной створкой слухового окна. Слуховые окна необходимо размещать так, чтобы обеспечивалось сквозное проветривание. Рекомендуется низ окна располагать не выше 0,8...1,0 м от верха чердака.

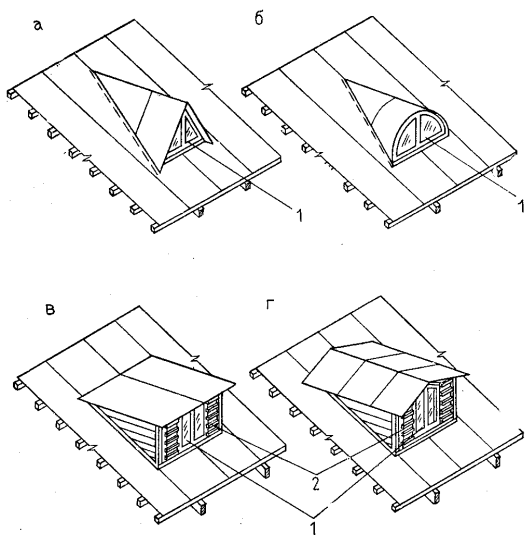


Рис. 8.9. Виды слуховых окон:

а – треугольное; *б* – полукруглое; *в* – прямоугольное; *г* – полигональное;
1 – остекленный парапет; *2* – жалюзийная решетка

8.4. Конструкции крыш над мансардными этажами

Мансардные этажи устраиваются в зданиях до 5 этажей для жилья и офисов. Мансардный этаж должен быть обязательно утеплен. Наклонные участки крыш, расположенные над мансардами, устраивают как скатные утепленные совмещенные покрытия.

Площадь горизонтальной части потолка должна быть не менее 50 % площади пола, а высота стен до низа наклонной части потолка – не менее 1,6 м (рис. 8.10).

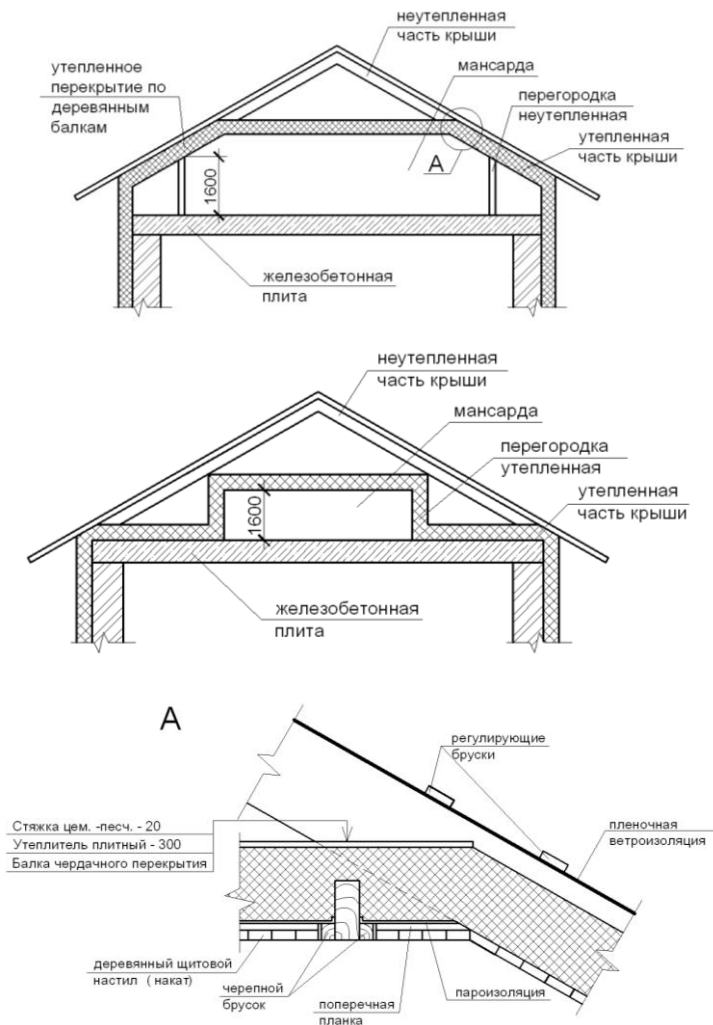


Рис. 8.10. Схемы мансардных этажей

Глава 9. КРОВЛЯ, ТРЕБОВАНИЯ К КРОВЛЕ. КРОВЛИ СКАТНЫХ КРЫШ. ВОДООТВОД СО СКАТНЫХ КРЫШ

Кровля – верхний элемент крыши (покрытия), предохраняющий здание от атмосферных воздействий (солнечная радиация, химические агрессивные вещества, находящиеся в воздухе, вес снега и т. д.).

Требования:

- водонепроницаемость;
- морозостойкость;
- долговечность;
- огнестойкость;
- экономичность.

Различают следующие виды кровель скатных крыш:

1. *Кровли из металлических листов*. Имеют небольшую массу и небольшой уклон – 16...22°. Основание под кровлю из листовой стали следует выполнять из деревянных брусков сечением 50×50 мм и досок сечением 50×120 или 50×140 мм. Шаг брусков не должен превышать 200 мм. По свесу кровли следует выполнять сплошной дощатый настил шириной не менее 700 мм. Допускается выполнять основание под кровлю в виде разреженного настила из досок. Кровельные листы соединяют в картины лежачим фальцем, затем картины продольно по скату соединяют стоячим фальцем. К обрешетке листы крепят клямером (полоска из стали, один конец которой прибивается под кровлей к обрешетке, а другой запускается в стоячий фалец).

Примыкания кровли из листовой стали к стенам, дымовым и вентиляционным каналам следует выполнять с устройством воротников из листовой стали высотой не менее 150 мм, соединенных с картинами рядового покрытия фальцами (рис. 9.1).

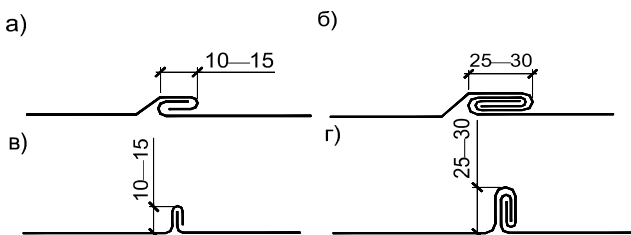


Рис. 9.1. Виды фальцев кровель из листовой стали:
а – одинарный лежачий; б – двойной лежачий;
в – одинарный стоячий; г – двойной стоячий

2. Кровли из асбестоцементных и цементно-волоконистых (безасбестовых) волнистых листов. Рекомендуется применять при устройстве холодных кровель жилых и гражданских зданий, бесчердачных неотапливаемых покрытий производственных зданий. Такие кровли имеют уклон $25 \dots 45^\circ$.

Основанием под кровли из волнистых листов является обрешетка из деревянных брусков сечением не менее 50×50 мм, уложенных по стропилам или прогонам. При повышенных требованиях против задувания снега в чердачное пространство по стропилам следует выполнить сплошной дощатый настил из обрезных нестроганных досок шириной от 100 до 200 мм и толщиной от 25 до 32 мм. По настилу следует уложить слой рулонного водоизоляционного материала. Доски (брусочки) контробрешетки сечением 25×100 мм укладывают поверх рулонного материала над стропилами. Обрешетку следует укладывать по брускам контробрешетки.

Шаг брусков обрешетки следует назначать в зависимости от вида применяемых листов и установленной для них величины продольной нахлестки. Шаг брусков обрешетки под волнистые асбестоцементные листы усиленного профиля не должен превышать 750 мм.

Листы укладывают с напуском вдоль ската на $120 \dots 140$ мм, в перпендикулярном к скату направлении внахлест на полволны. Крепят листы к обрешетке шиферными гвоздями (рис. 9.2).

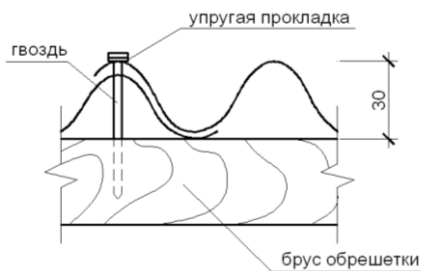


Рис. 9.2. Крепление волнистого асбестоцементного листа

3. Кровли из металлочерепицы, волнистых и профилированных листов. Являются разновидностью штампованных стальных листов, имитирующих фактуру черепичной кровли. Для основания под кровлю из металлочерепицы следует использовать доски толщиной не менее 25 мм и шириной 100 мм. Шаг обрешетки следует принимать от 300 до

400 мм в зависимости от типа кровли. При этом первая доска по краю карниза должна быть толще остальных на 10...15 мм в зависимости от типа профиля, а расстояние от края по свесу первой доски до оси второй должно быть на 50 мм меньше рядового шага.

Раскладка листов по поверхности кровли всегда индивидуальна в зависимости от формы крыши и ее размеров. В ендовах следует выполнять сплошной дощатый настил шириной не менее 500 мм в каждую сторону от оси ендовы. Рекомендуется по ендове на сплошной дощатый настил укладывать один слой рулонного битумно-полимерного материала с креплением его по краям толевыми гвоздями с шагом не более 200 мм. У конька следует укладывать две доски обрешетки.

Крепление металлочерепицы к обрешетке следует выполнять самонарезающими шурупами размерами не менее 4,8×28 мм с головкой под цвет кровли и с уплотняющей прокладкой.

4. *Кровли из черепицы.* Для устройства кровель рекомендуется применять следующие виды черепицы: плоскую ленточную, пазовую ленточную, желобчатую и штампованную. Следует применять керамическую черепицу, изготовленную по обжиговой технологии. Допускается применение цементно-песчаной черепицы и черепицы, изготовленной из полимерных материалов, при обеспечении ее долговечности, водонепроницаемости и устойчивости к атмосферным воздействиям.

Основанием для черепицы является обрешетка из деревянных брусков сечением не менее 50×50 мм. Шаг обрешетки следует принимать в зависимости от вида применяемой черепицы.

Крепление черепицы следует выполнять проволочными скрутками и, при необходимости, клямерами. Как исключение допускается крепление черепицы гвоздями. Укладку черепицы следует начинать от карниза рядами с перекрытием вышеуложенным рядом нижнего на величину нахлестки, как правило, не менее 80 мм. Для устройства конька и ребер кровли следует применять коньковые желобчатые элементы, входящие в номенклатуру данного вида черепицы. Их следует крепить скобами или проволочными скрутками. Допускается укладывать коньковые желобчатые элементы на цементном растворе.

При применении водоизоляционного слоя из цементно-песчаной черепицы для ограничения задувания снега на чердак и ограничения постоянного увлажнения деревянных элементов стропильной системы рекомендуется по стропилам (прогонам) выполнять сплошной дощатый настил. По настилу следует укладывать слой водоизоляционного

рулонного битумно-полимерного материала на негниющей основе. Поверх над стропилами следует укладывать доски (бруски) контробрешетки толщиной не менее 25 мм и шириной не менее 80 мм. Обрешетку следует укладывать по брускам контробрешетки. В этом случае крепление черепицы следует выполнять гвоздями.

При устройстве теплой кровли (кровли мансардного этажа) при любых уклонах по верху стропил следует укладывать подкровельную противоконденсатную пленку. Обрешетку следует крепить к брускам контробрешетки, уложенным по верху пленки. Высоты воздушных прослоек между утеплителем и пленкой, пленкой и низом черепицы должны быть не менее 50 мм с отдельной вентиляцией каждой воздушной прослойки через свесы, конек, вентиляционные отверстия в кровле.

5. Рулонные и наборные кровли. Основой для рулонных покрытий служит стеклоткань, отличающаяся значительной прочностью. Рулонные покрытия – оптимальный вариант для крыш с небольшим (3...11°) уклоном. Настилают их по сплошному настилу из досок толщиной 19...25 мм. Деревянные основания должны быть двухслойными и состоять из сплошного дощатого настила, укладываемого под углом 45° к рабочему настилу.

Большую декоративность скатым крышам придают различные виды мягкой черепицы. Стеклохолст, который лежит в основе битумных плиток, хорошо держит форму и не деформируется. Кровли с водоизоляционным ковром из битумных и битумно-полимерных плиток следует выполнять при уклонах от 16 до 85°. Основанием под кровлю должен быть сплошной дощатый настил, настил из клефанерных конструкций или ДВП.

При уклоне кровли до 30° на основание под плитку кровельную следует укладывать дополнительный подстилающий слой рулонного битумного или битумно-полимерного материала. При уклонах кровли более 30° дополнительный слой следует укладывать шириной не менее 1 м по карнизам, свесам, конькам, ендовам, у мест примыканий, а также при необходимости защиты деревянного настила от увлажнения атмосферными осадками непосредственно после устройства настила. Крепление плиток кровельных к основанию следует выполнять оцинкованными кровельными гвоздями длиной 20...30 мм с плоской шляпкой диаметром не менее 5 мм или скобами. При уклоне кровли от 16 до 45° каждую плитку кровельную следует крепить четырьмя гвоздями. При уклонах кровли более 45°, а также вдоль боковых свесов – шестью гвоздями. При уклонах кровли более 60° необходимо приме-

нять дополнительное крепление каждого листа плитки кровельной клеем или битумно-полимерной мастикой, которую нужно наносить точками.

Водоотвод с крыши предусматривается чаще всего наружным неорганизованным и организованным.

Неорганизованный водоотвод обеспечивает сброс воды непосредственно с обреза кровли. Его устройство допускается в основном для малоэтажных зданий (до 5 этажей), располагаемых с отступом от тротуара. Но при неорганизованном водоотводе следует предусматривать свес карниза не менее 0,5 м.

При организованном водоотводе устанавливают настенные или подвесные желоба, водосборные воронки и водосточные трубы. Крепят трубы к стене с помощью костылей (рис. 9.3).

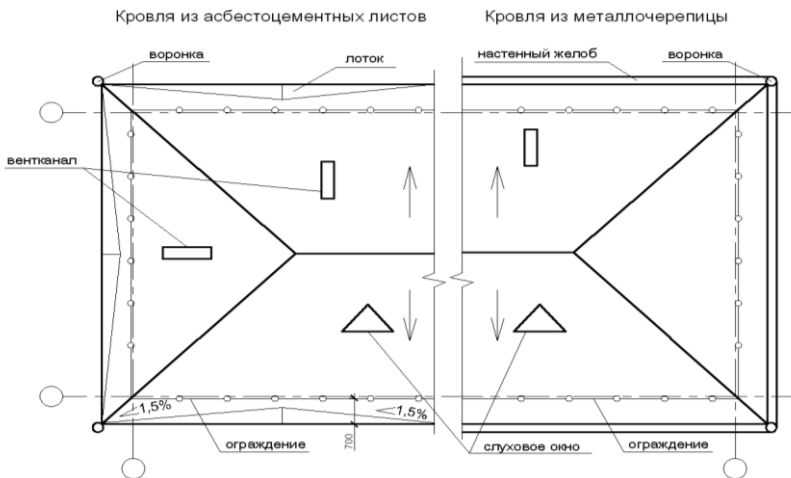


Рис. 9.3. Схема организованного водоотвода

9.1. Кровли раздельной конструкции с теплыми и холодными чердаками

Чердачная крыша из сборных железобетонных элементов называется **раздельной** (рис. 9.4). Чердак должен быть высотой не менее 1,6 м, в пониженных местах – не менее 1,2 м. Такие крыши различают по виду чердака и кровли.



Рис. 9.4. Конструкция раздельной кровли

С холодным чердаком и рулонной или мастичной кровлей. Чердачное покрытие таких крыш – утепленное, кровельное покрытие – холодное из ребристых или плоских плит. Кровля рулонная или мастичная укладывается по выравнивающей цементной стяжке. Для вентиляции чердака в стенах устроены продухи.

С холодным чердаком и безрулонной кровлей, имеющие наружный или внутренний водоотвод. Чердачное перекрытие – утепленное, кровля – из ребристых панелей и водосборных лотков, изготовленных из водонепроницаемого бетона и покрытых слоем гидроизоляционной мастики. Тщательная заделка стыков между панелями обеспечивает водонепроницаемость и долговечность безрулонной кровли.

С теплым чердаком и рулонной или безрулонной кровлей. Чердачное перекрытие таких крыш – неутепленное, кровельное покрытие – утепленное. При рулонной кровле покрытие состоит из плоских керамических или ребристых панелей с уложенным ковром из гидроизоляционных материалов, а при безрулонной кровле – из ребристых панелей и водосборных лотков, в которых верхний слой выполнен из плотного водонепроницаемого бетона, а нижний (теплоизоляция) – из керамзитобетона. Наружная поверхность покрывается гидроизоляционной мастикой.

9.2. Совмещенные покрытия вентилируемые и невентилируемые

Совмещенными крышами называют пологие бесчердачные покрытия, в которых крыша совмещена с конструкцией чердачного перекрытия и нижняя поверхность является потолком помещения верхнего этажа.

Совмещенная крыша в зависимости от конструктивного решения может иметь следующие слои (считая снизу):

1) панель перекрытия – в виде сплошных или многопустотных железобетонных плит;

2) пароизоляция – слой мастики или синтетической пленки, рулонного материала на битумной или битумно-полимерной основе;

3) теплоизоляция – слой засыпного, монолитного или плитного теплоизоляционного материала, обеспечивающего в совокупности с другими материалами требуемую величину сопротивления теплопередаче. Засыпные утеплители применяют только для создания уклона, с последующей укладкой на него плитного утеплителя. Уклон необходим для водоотвода;

4) стяжка – предназначена: а) для выравнивания поверхности утеплителя; б) создания необходимой прочности на сжатие основания под кровлю и возможности устройства водоизоляционного ковра. Выполняют из цементно-песчаного раствора, мелкозернистого асфальтобетона (при устройстве в осенне-зимний период);

5) основной водоизоляционный ковер – может быть выполнен из рулонных или мастичных материалов. Рулонный ковер выполняется из битумных или битумно-полимерных материалов с армирующей синтетической основой или стеклоосновой, а также пленочных материалов. Материалы на картонной основе разрешается применять только для временных зданий со сроком службы до 5 лет. Мастичные кровли выполняют из горячих или холодных битумно-полимерных и полимерных мастик;

б) дополнительный водоизоляционный ковер – выполняется для усиления основного водоизоляционного ковра в ендовах, на карнизных участках, в местах примыкания к парапетам. Выполняют из материала основного водоизоляционного ковра. Количество слоев основного и дополнительного ковра принимают в зависимости от материала и уклона кровли в соответствии с СНБ 5.08.01-2000 «Кровли» от одного до трех в основном ковре; один – в ендовах, коньках и карнизах и два – на примыкании к парапетам и воронкам;

7) защитное покрытие – предохраняет кровлю от механических повреждений, атмосферных воздействий, солнечной радиации и распространения огня. Выполняется из слоя гравия светлых тонов с толщиной защитного слоя 10...15 мм с укладкой его на слой горячей битумной мастики. Защитный слой выполняется на месте или может отсутствовать, если материал кровли имеет заводскую посыпку. В кровлях с уклоном более 10° верхний слой должен иметь заводскую посыпку.

Существует два типа совмещенных покрытий:

- 1) неветилируемые;
- 2) ветилируемые.

При выборе типа совмещенной крыши необходимо учитывать климатические условия района строительства, особенно температурно-влажностный режим помещений зданий.

Назначение вентиляции покрытия – удаление влаги из утепляющего слоя и предохранение за счет воздушных прослоек от перегрева солнечными лучами. Высота воздушной прослойки – 200...240 мм.

В **неветилируемых кровлях** верхним слоем должен быть водоизоляционный ковер, причем в эксплуатируемых кровлях – с защитным слоем или защитным покрытием и в кровлях с озеленением – с дополнительными слоями. Все слои должны быть последовательно уложены на несущую конструкцию (рис. 9.5).

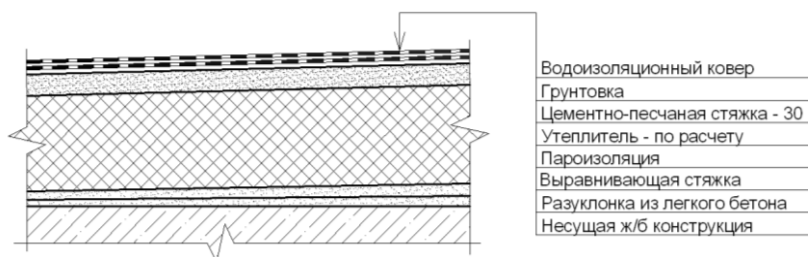


Рис. 9.5. Совмещенная неветилируемая кровля

В **ветилируемых кровлях** водоизоляционный ковер должен быть уложен на верхнюю несущую конструкцию (как правило, плиту), а теплоизоляционный и пароизоляционный слои – на нижнюю плиту. Между двумя несущими конструкциями находится воздушная прослойка, как правило, ветилируемая (рис. 9.6).

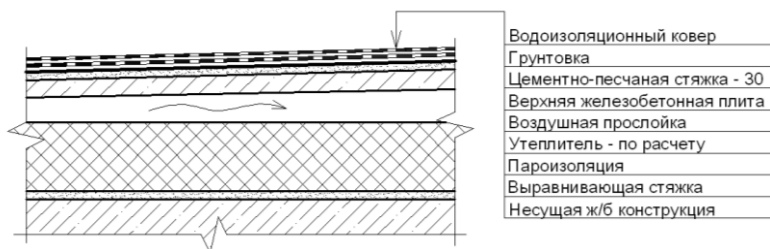


Рис. 9.6. Совмещенная вентилируемая кровля

9.3. Рулонные и мастичные кровли

Плоские крыши гражданских зданий (с уклонами до $2,5^\circ$) имеют рулонную или мастичную кровлю. Основанием для нее является поверхность железобетонных плит, выравнивающая стяжка из цементно-раствора толщиной 10...30 мм.

Рулонные кровли наклеивают по верху цементной или асфальтовой стяжки. Кровельный ковер выполняют из 3...4 слоев гидроизоляционных материалов. Кромки полотнищ стыкуют с напуском на 70...100 мм. Защитный слой гравия, втопленный в битумную мастику, защищает кровлю от солнечной радиации и механических повреждений.

Мастичные кровли. По верху мастичного основания расстилают полотнища стеклохолста с напуском кромок не менее 100 мм. Слой холодной битумной мастики, пропитывая стеклохолст, приклеивает его к основанию. Затем по слою мастики укладывают еще два полотнища стеклохолста во взаимно перпендикулярных направлениях. Защитным слоем в мастичных кровлях служит гравий, втопленный в битумную мастику.

9.4. Водоотвод с плоских покрытий

Водоотвод с крыш может быть организованный, по наружным или внутренним водосточным трубам, и неорганизованный, со свободным сбросом воды со свеса карниза.

Неорганизованный водоотвод допускается устраивать с совмещенных крыш зданий не более 5 этажей и не имеющих балконов, а также отделенных от тротуаров и проезжих дорог газонами.

В случае, когда устройство неорганизованного водоудаления с крыши не допускается, устраивают систему **организованного водоотбора** через желоба и водосточные трубы.

Более совершенным конструктивным решением является организация **внутреннего водосбора** (рис. 9.7). Внутренние водостоки присоединяются к сети ливневой канализации или устраивают выпуск воды наружу. Водосточные воронки располагают таким образом, чтобы максимальная длина пути воды, стекающей в воронку, не превышала 24 м. В любом случае на кровле должно быть не менее двух воронок. Водостоки необходимо располагать так, чтобы отводная труба проходила рядом с перегородкой или стеной вспомогательных помещений (санузлы, кухни и др.).

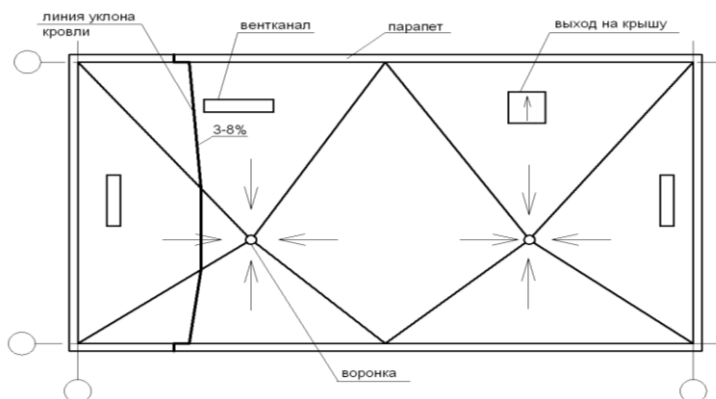


Рис. 9.7. Схема организованного внутреннего водоотвода

При организованном водоотводе по контуру здания устраивается парапет высотой 250...1000 мм.

9.5. Эксплуатируемые крыши, особенности их устройства

Эксплуатируемые крыши – это плоские покрытия (уклон – 1...5°), предназначенные для размещения спортивных площадок, садов, кафе и др. На таких крышах устраивают полы из бетонных плит, уложенных по слою щебня. Эксплуатируемые крыши могут быть чердачными и бесчердачными. Чердак таких крыш используется для размещения инженерного оборудования и наблюдения за состоянием покрытия. Безопасная эксплуатация их обеспечивается ограждением.

Для основного и дополнительного слоев водоизоляционного ковра следует принимать рулонные битумно-полимерные, битумные с арми-

рующей синтетической основой, эластомерные пленочные материалы. Верхний слой эксплуатируемых кровель (рис. 9.8) следует выполнять из негорючих материалов.

Запрещается применение в эксплуатируемых кровлях и кровлях с озеленением минераловатного утеплителя, в том числе из жестких минераловатных плит.

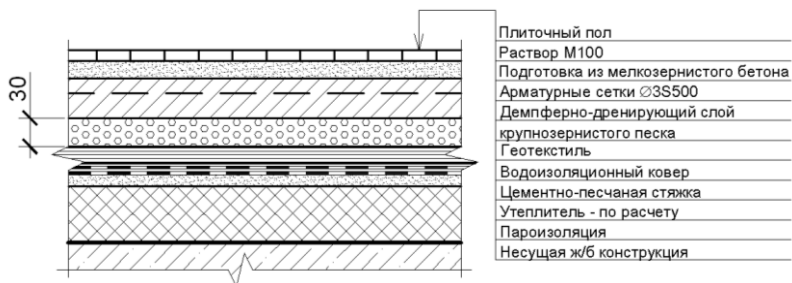


Рис. 9.8. Эксплуатируемая под пешеходные нагрузки кровля с плиточным полом со стяжкой по утеплителю

При устройстве кровель с озеленением (рис. 9.9) обязательно должны быть предусмотрены:

- дренирующий слой по верху водоизоляционного ковра;
- водоудерживающий слой;
- слой с пропиткой против прорастания корней растений;
- грунтовый слой.

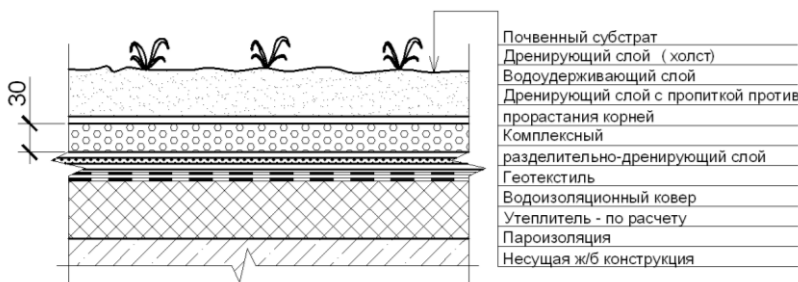


Рис. 9.9. Зеленая кровля по грунтовому слою по жесткому плитному утеплителю

9.6. Ограждения на крышах различной конструкции. Выход на крышу

Ограждения на крышах устраивают при высоте здания более 10 м и уклонах крыши более 18°. Высота ограждения, обеспечивающего безопасность работ по очистке снега и ремонту кровли, должна составлять 0,6 м. Устраивают ограждения из круглой или полосовой стали в виде сварных решеток, укрепляемых на стальных стойках с подкосами. Стойки и подкосы ставят поверх кровли и прибивают через отверстия, устроенные в их лапках, глухарями к обрешетке крыши. В целях гидроизоляции под лапки стоек и подкосов ставятся прокладки из листовой резины (рис. 9.10).

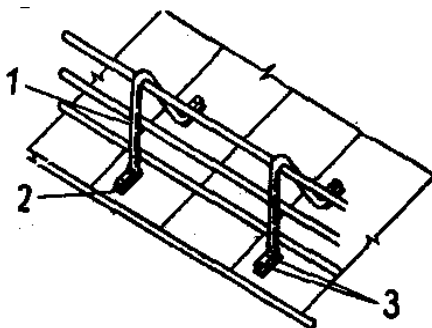


Рис. 9.10. Ограждение на крыше:
1 – металлическая стойка; 2 – резиновая прокладка; 3 – глухаря

Выход на крышу может быть организован непосредственно маршами лестничных клеток, а в отдельных случаях – через люк по вертикальной стальной лестнице (рис. 9.11).

В жилых зданиях высотой более 5 этажей лестничная клетка выводится выше чердачного перекрытия и оборудуется дверью для выхода на чердак.

В многоэтажных зданиях высотой более 5 этажей лестницы, ведущие на чердак и крышу-террасу, являются, как правило, продолжением основных лестниц. В зданиях высотой менее 5 этажей лестничные марши доводятся до уровня пола верхнего этажа, а для выхода на чердак устраивают металлическую стремянку, закрепляемую к стене

лестничной клетки. В перекрытии над лестницей для входа со стремянки на чердак или выхода на совмещенную крышу устраивают люк из трудногораемых материалов.

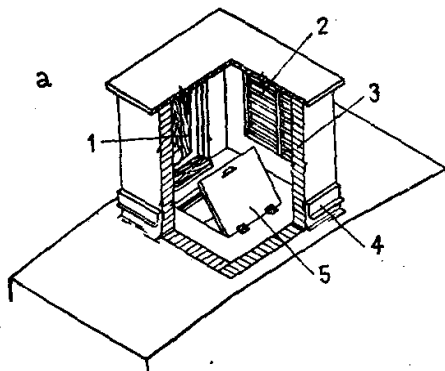


Рис. 9.11. Выход на кровлю:
1 – дверь; 2 – жалюзийная решетка; 3 – кирпичная стена;
4 – фартук из кровельной стали; 5 – дверца люка

Глава 10. ПОНЯТИЕ О БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Пространственные покрытия от плоскостных отличаются тем, что тонкая плита оболочки работает преимущественно на сжатие, а растягивающие усилия рационально сосредоточены в контурных элементах, причем все эти элементы работают в разных плоскостях. Основными видами пространственных покрытий являются оболочки, складки и шатры висячие и пневматические.

Оболочки бывают одинарной и двойкой кривизны. Первые представляют собой цилиндрические или конические поверхности. Оболочки двойкой кривизны могут быть и оболочками вращения с криволинейной образующей (купол, гиперболический параболоид, эллипсоид вращения, поверхность тора и др.) (рис. 10.1).

По структуре оболочки бывают гладкие, волнистые, ребристые и сетчатые.

Оболочки могут быть монолитными и сборными. В сборных конструкциях помимо железобетона используют асбестоцемент, металл и пластик.

Ребристыми являются те оболочки, у которых тонкая криволинейная стенка усилена ребрами.

Сетчатые оболочки состоят только из ребер или из стержней, промежутки между которыми заполняют несущим материалом (стеклопластиком, пленкой и др.).

Гладкие железобетонные оболочки выполняют всегда монолитными.

Железобетонные и металлические оболочки применяют для устройства покрытий пролетом до 100 м, а иногда и более.

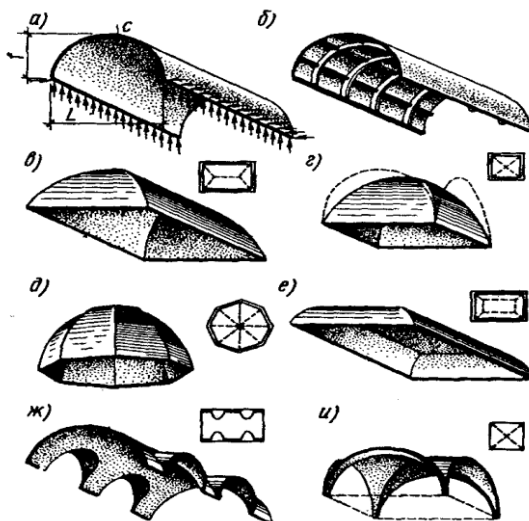


Рис. 10.1. Основные формы оболочек:
a – гладкий свод и его опорные реакции; *б* – ребристый свод;
в–д – сомкнутые оболочки; *е* – зеркальная оболочка;
ж – цилиндрическая; *и* – крестовая

Складки и шатры – пространственные покрытия, образованные плоскими взаимно пересекающимися элементами (рис. 10.2). Складки обычно состоят из ряда повторяющихся в определенном порядке поперек пролета элементов, опирающихся по краям на диафрагмы жесткости. Шатры перекрывают прямоугольное в плане пространство смыкающимися с четырех сторон плоскостями. Толщина плоского элемента складки должна быть не менее $1/200$ пролета, высота – не менее $1/20$, а ширина грани – не менее $1/5$ пролета. Их применяют для зданий пролетом до 40 м.

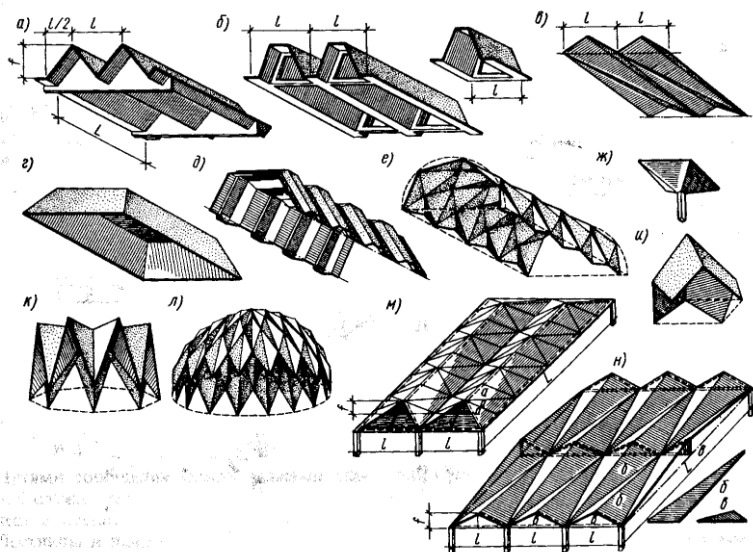


Рис. 10.2. Складки и шатры:

- a* – складка пилообразная; *б* – то же, трапециевидного профиля;
- в* – то же, из однотипных треугольных плоскостей;
- г* – шатер на прямоугольном основании с плоским верхом;
- д* – складка сложного профиля; *е* – многогранный складчатый свод;
- ж* – складка-капитель; *и* – четырехгранный шатер; *к* – многогранный шатер;
- л* – складчатый купол; *м* – сборная складка призматического типа;
- н* – сборная стяжка с затяжками

Висячие покрытия (рис. 10.3) отличаются наиболее экономичным расходом металла, который работает только на растяжение. Расход стали на 1 м² висячего покрытия пролетом 70...80 м составляет 10...15 кг, тогда как применение металлических ферм или рам для перекрытия такого пролета потребовало бы расхода металла 80...120 кг.

Пневматические покрытия позволяют перекрывать пролеты до 30 м и бывают трех основных видов:

- воздухоопорные оболочки;
- пневматические каркасы;
- пневматические линзы.

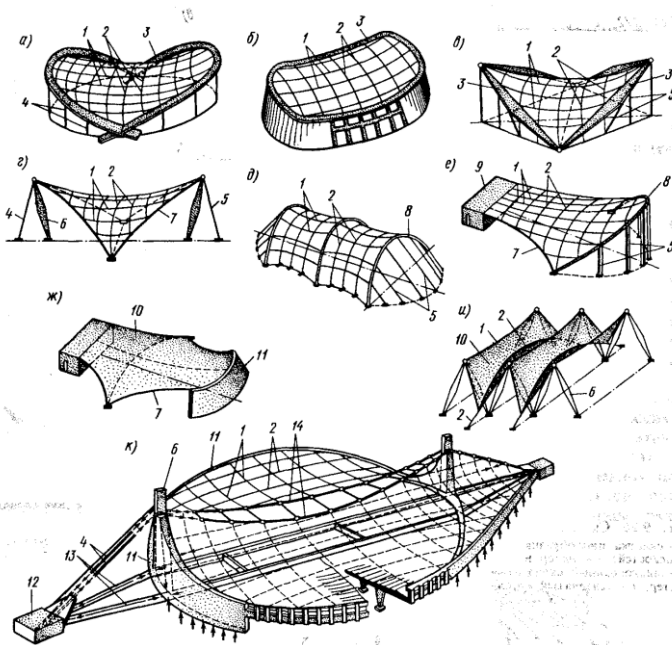


Рис. 10.3. Висячие покрытия:

- a* – седловидное по аркам; *б* – то же, с опиранием на изогнутый контур;
- в* – гиперболический параболоид (гипар) с жестким контуром;
- г* – то же, с контуром в виде троса-подбора; *д* – то же, по вертикальным аркам;
- е* – покрытие с опиранием на жесткий опорный диск или объем и наклонную арку;
- ж* – тентовое покрытие с опиранием на жесткий диск и устойчивую стенку;
- и* – то же, с опиранием на несущие и стабилизирующие тросы;
- к* – покрытие, опертое по продольной оси на два главных троса пролетом 126 м;
- 1 – несущие тросы; 2 – предварительно напряженные стабилизирующие тросы;
- 3 – жесткий опорный контур; 4 – оттяжки; 5 – стойки-оттяжки; 6 – опорные мачты;
- 7 – трос-подбор; 8 – опорные арки; 9 – опорный объем; 10 – тент;
- 11 – устойчивая стена; 12 – опорный узел; 13 – железобетонные балки-распорки;
- 14 – главные тросы, поддерживающие сетчатое покрытие

Воздухоопорные оболочки представляют собой баллоны из прорезиненной или синтетической ткани, внутри которых создается давление воздуха 0,002...0,005 МПа. Эксплуатируемое помещение находится внутри этого баллона и попасть в него можно только через шлюз. Этот вид покрытия широко применяют для устройства спортивных сооружений, полевых лабораторий и др.

Пневматические каркасы, которые представляют собой удлиненные баллоны с избыточным давлением воздуха 0,03...0,07 МПа, изготавливают их чаще всего в виде арок. Ряд арок представляет собой непрерывный свод. При установке опор с шагом 3...4 м поверх натягивается воздухонепроницаемая ткань.

Пневматические линзы представляют собой большие подушки, надутые воздухом с избыточным давлением 0,002...0,005 МПа, подвешенные своими краями к жесткой каркасной конструкции. Их используют для устройства летних театров и других зрелищных сооружений временного или передвижного характера.

Глава 11. ПОНЯТИЕ О ЛЕСТНИЧНОЙ КЛЕТКЕ. НАЗНАЧЕНИЕ ЛЕСТНИЦ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСТНИЦ. ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕСТНИЦАМ. ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕСТНИЦ

Связь между этажами обеспечивается *лестницами*, которые служат и для целей эвакуации. Помещение, где расположена лестница, называют *лестничной клеткой*.

Классификация лестниц.

1. По назначению:

- а) основные (постоянное использование, эвакуация);
- б) вспомогательные (служебное сообщение между этажами);
- в) аварийные (наружные эвакуационные).

2. По числу маршей в пределах высоты одного этажа:

- а) одномаршевые;
- б) двухмаршевые;
- в) трехмаршевые.

3. По расположению:

- а) входные;
- б) внутриквартирные.

4. По материалу:

- а) железобетонные (сборные и монолитные, из крупно- и мелко-размерных элементов);
- б) деревянные.

Требования к лестницам:

- прочность;
- долговечность;
- пожарная безопасность.

Лестница состоит из *маршей* и *площадок*. Марш состоит из *ступеней*, поддерживающих их *косоуров* (располагаемых под ступенями) или *тетив* (примыкающих к ступеням сбоку).

У ступеней вертикальную грань называют *подступенком*, а горизонтальную – *проступью*. Все ступени должны иметь одинаковую форму, кроме верхней и нижней, называемых фризowymi (рис. 11.1, 11.2).

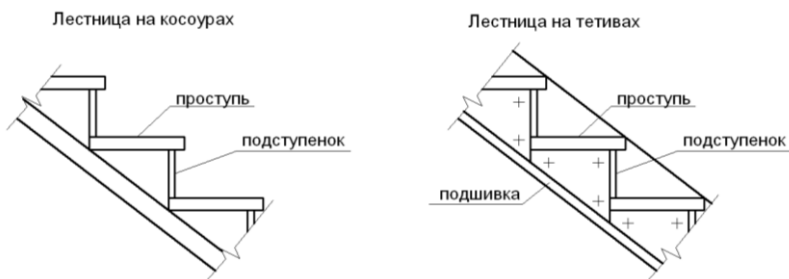


Рис. 11.1. Конструкции лестниц

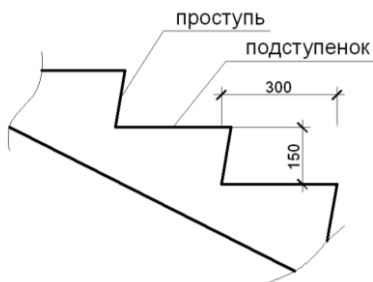


Рис. 11.2. Грани ступеней

Лестничные площадки бывают этажными (на уровне этажа) и междуэтажными (промежуточными). Для безопасности, удобства движения марши и площадки оборудуют *ограждениями с поручнями* высотой 0,9 м.

Число ступеней в марше принимают не более 18 и не меньше 3. Ширину маршей назначают с учетом обеспечения эвакуации людей. Между маршем должен быть обеспечен зазор 100 мм в плане для пропуска пожарных шлангов. Ширина площадок должна быть не меньше ширины марша.

Уклон лестниц принимают по строительным нормам в зависимости от назначения и этажности здания.

11.1. Сборные железобетонные лестницы из крупно- и мелкоразмерных элементов. Определение габаритных размеров лестничных клеток. Наружные входы. Сходы в подвал

Лестницы из мелкоразмерных элементов состоят из отдельно устанавливаемых железобетонных сборных площадочных балок, сборных железобетонных косоуров, ступеней, железобетонных плит площадок и ограждений с поручнями. Для сопряжения косоуров с площадочными балками в последних предусмотрены гнезда, в которые заводят косоуры. Связь между элементами лестниц достигается обычно сваркой закладных деталей. Ступени укладывают по косоурам на цементном растворе. На площадочные балки опираются сборные железобетонные площадочные плиты.

Ограждения на лестницах устанавливают обычно металлические с деревянными поручнями. Стойки ограждений приваривают к закладным деталям ступеней или заделывают на цементном растворе в гнезда, имеющиеся в ступенях.

В деревянных лестницах сопряжение ступеней с тетивой в боковой ее грани осуществляется путем устройства в них пазов, в которые входят концы досок проступей и подступенков.

Лестницы из крупноразмерных элементов получили наиболее широкое распространение. Они состоят из площадок и маршей заводского изготовления или маршей с двумя полуплощадками. Сборные элементы устанавливают на место с помощью кранов, крепят сваркой закладных деталей.

Лестницы и марши для жилых зданий изготовляют с чисто отделанными ступенями. В общественных зданиях могут применяться лестницы с накладными ступенями.

Монолитные железобетонные лестницы применяются редко, главным образом в уникальных зданиях, если лестнице из архитектурно-планировочных соображений придается нетиповое решение. Их устройство требует сложной опалубки и проведения всех работ на строительной площадке.

Определение габаритных размеров лестничных клеток: рассчитать лестничную клетку для высоты этажа 2800 мм при ширине марша 1100 мм, зазор между маршами – 100..200 мм. Расстояние в осях в продольном направлении – 6000 мм, расстояние в осях в поперечном направлении – 2700 мм. Ширина площадок a_1 и a_2 по каталогу сборных железобетонных изделий для высоты этажа 2,8 м – 1300, 1600, 1900 мм (рис. 11.3).

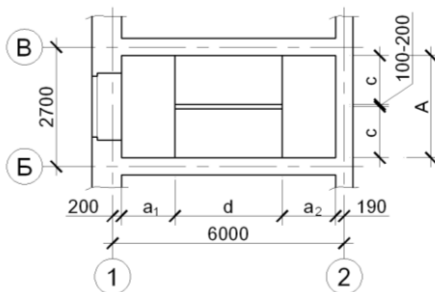


Рис. 11.3. Габаритные размеры лестничной клетки

$H_{\text{эт}} = 2800$ мм; $c = 1100$ мм; $b \times h = 300 \times 150$.

Расчет.

1. Определяем ширину лестничной клетки:

$$A = c \cdot 2 + 100 = 1100 \cdot 2 + 100 = 2300 \text{ мм.}$$

2. Определяем высоту одного марша:

$$h = H_{\text{эт}} / 2 = 2800 / 2 = 1400 \text{ мм.}$$

3. Определяем количество подступенков в одном марше:

$$n = h / 150 = 1400 / 150 \approx 9 \text{ шт.}$$

4. Определяем количество проступей:

$$n_1 = n - 1 = 9 - 1 = 8 \text{ шт.}$$

Единицу отнимаем, так как последняя проступь включается в ширину марша.

5. Определяем горизонтальную проекцию марша:

$$d = n_1 b = 8 \cdot 300 = 2400 \text{ мм.}$$

6. Определяем суммарную ширину лестничных площадок:

$$B = 6000 - 200 - 190 - d = 3210 \text{ мм.}$$

7. При условии, что ширина этажной площадки может быть больше или равна ширине междуэтажной, получим:

$$B = 3210 / 2 = 1605 \text{ мм.}$$

Следовательно, принимаем две площадки шириной 1600 мм.

Построение лестницы.

Профиль лестницы строят после расчета по построенной сетке (рис. 11.4). Число делений по вертикали равно числу подъемов (9), по горизонтали – числу проступей (8).

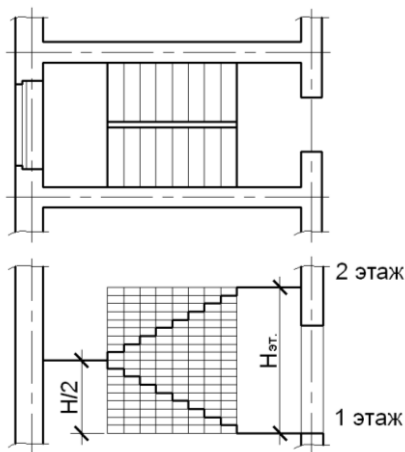


Рис. 11.4. Графическое построение лестничной клетки

Наружные входы. Перед входом в здание устраивают площадку, которую располагают выше уровня земли не менее чем на 150 мм, чтобы не допускать затекания воды в помещение. Для защиты входной площадки устраивают так называемый козырек (рис. 11.5).

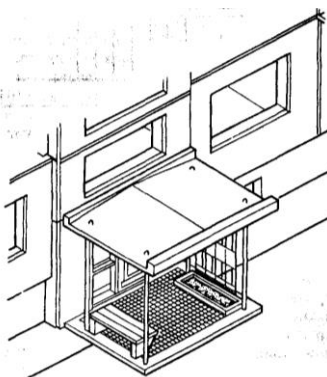


Рис. 11.5. Наружный вход жилого дома

Если перед зданием устраивают наружное крыльцо, то его ступени опираются на специальные стенки, возведенные на самостоятельных фундаментах (рис. 11.6).

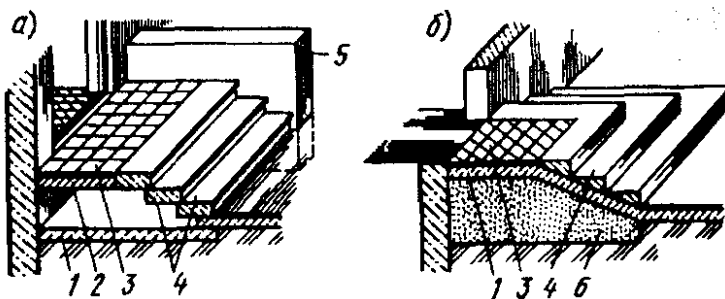


Рис. 11.6. Конструкция крыльца:

- a* – площадка перед входом с боковыми стенками; *б* – то же, трехсторонняя;
 1 – бетонная подготовка; 2 – железобетонная плита;
 3 – пол; 4 – ступени; 5 – боковая стенка; 6 – песок

Наружные пожарные и аварийные лестницы, устраиваемые в жилых и общественных зданиях, располагают снаружи. Они служат для выхода на крышу здания во время пожара (пожарные лестницы) и для эвакуации людей в аварийных ситуациях, если выход по основным или вспомогательным лестницам оказывается невозможным (аварийные лестницы) (рис. 11.7).

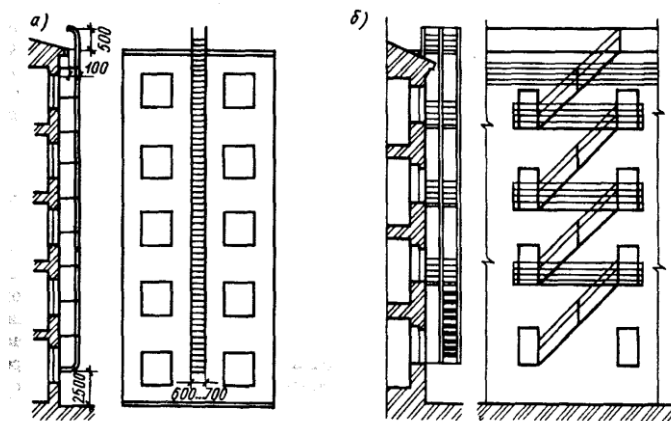


Рис. 11.7. Конструкция пожарной лестницы:

- a* – эвакуационная лестница наружная металлическая; *б* – то же, пожарная

Пожарные лестницы на крышу делают прямыми и не доводят до уровня земли на 2,5 м. При высоте здания более 30 м пожарные лестницы должны иметь промежуточные площадки. Ширину лестниц принимают не менее 0,6 м.

Тетивы пожарных лестниц выполняют из уголков, швеллеров или полосовой стали, ступени – из круглой стали диаметром 16...18 мм. Угол наклона эвакуационных лестниц не должен превышать 45°. На каждом этаже предусматривают специальные площадки. Площадки и марши обязательно оборудуют прочными поручнями.

Сходы в подвал должны быть устроены независимо от лестничных клеток. Такие сходы решаются в виде одномаршевых лестниц, располагаемых в приятках, примыкающих к наружным стенам здания и огражденных подпорными стенками. Во избежание попадания в приямок поверхностных вод стенки его и первую ступень следует устраивать выше уровня земли на 0,15 м. Над приятком обычно возводят пристройку со стенами, крышей и входной дверью. Ступени этих лестниц укладывают на грунт по бетонной подготовке (рис. 11.8).

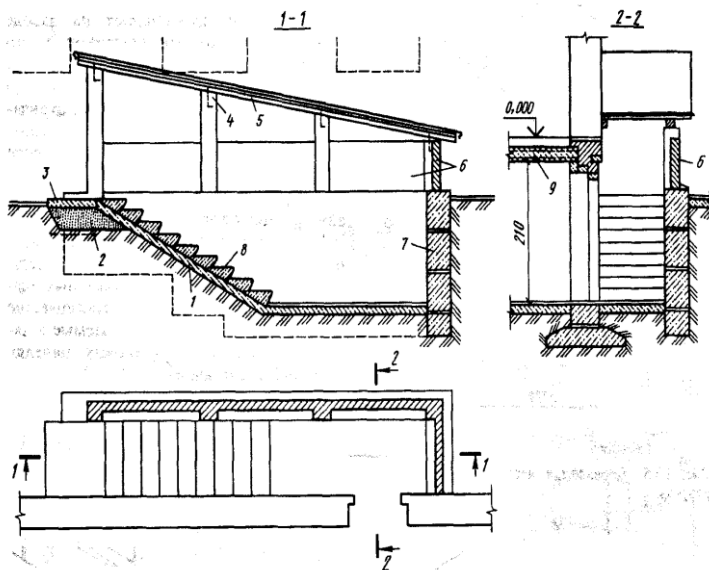


Рис. 11.8. Устройство наружного входа в подвал:
 1 – бетонная подготовка; 2 – уплотненная песчаная подушка;
 3 – железобетонная плита; 4 – столбы навеса; 5 – брус;
 6 – кирпичное ограждение; 7 – подпорная стенка;
 8 – ступени; 9 – перекрытие подвала

Пандусом называют гладкий наклонный эвакуационный путь, обеспечивающий сообщение помещений, находящихся на разных уровнях. Пандусам придают уклон от 5 до 12°. Пандусы состоят из наклонных гладких элементов и площадок. Они могут быть одномаршевыми, двухмаршевыми, прямо- и криволинейными в плане. Одномаршевые прямолинейные пандусы образуются наклонными плоскостями, опирающимися на площадки или конструкции перекрытий. При этом можно выделить следующие конструкции: прогоны, балки, настилы. Двухмаршевые пандусы имеют косоурные и площадочные балки, по которым укладывают сборные железобетонные плиты или монолитный железобетон. Криволинейные пандусы обычно выполняют из монолитного железобетона.

Чистый пол пандусов должен иметь нескользкую поверхность. Ограждения пандусов выполняется так же, как и лестниц (рис. 11.9).

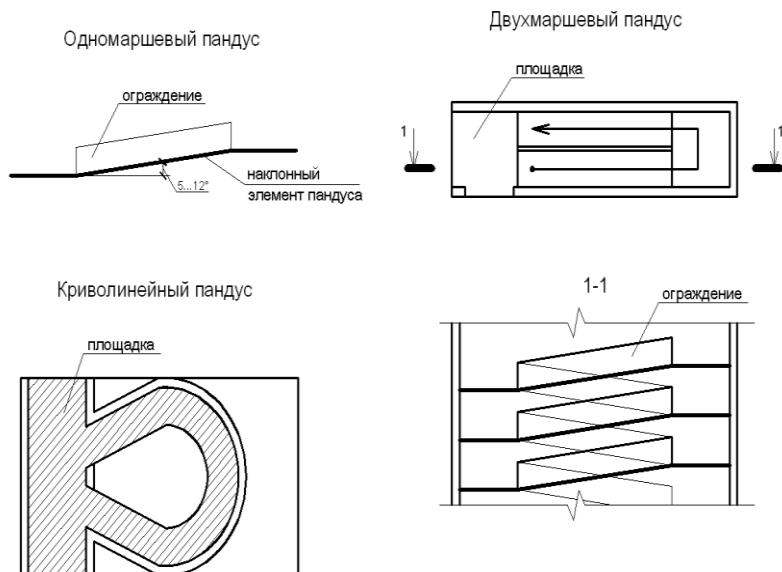


Рис. 11.9. Варианты устройства пандусов

Глава 12. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕГОРОДКАХ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРЕГОРОДКАМ

Перегородки – это вертикальные ограждения, разделяющие смежные помещения здания.

Опорами для перегородок являются несущие элементы перекрытия, а для первых этажей бесподвальных зданий – кирпичные столбики или бетонные подготовки. Опирают перегородки на конструкции пола не допускается.

Классификация перегородок.

1. По местоположению:

а) межкомнатные (толщиной 80...100 мм из панелей и 65 мм из кирпича);

б) межквартирные (толщиной 120...200 мм).

2. По способу устройства:

а) из мелкогазобетонных элементов;

б) из крупногазобетонных элементов.

3. По материалу:

а) кирпичные;

б) из пустотелых керамических камней;

в) из древесноволокнистых плит;

г) из гипсовых плит;

д) из дерева (в зданиях до 3 этажей);

е) из стеклоблоков.

4. По условиям эксплуатации:

а) стационарные (на весь срок службы здания);

б) сборно-разборные (предназначены для зданий, требующих частой перепланировки, – контор, банков и др.);

в) трансформируемые (предназначены для временного разделения помещений).

Требования к перегородкам:

- малая масса и небольшая толщина;

- звукоизоляция;

- огнестойкость;

- индустриальность;

- влагостойкость (кухня и санузлы).

12.1. Конструкции перегородок из мелкоразмерных элементов, крупнопанельных, гипсобетонных и др. Опираие перегородок на перекрытие, примыкание к стенам, потолкам

Перегородки из мелкоразмерных элементов (рис. 12.1) характеризуются большой трудоемкостью возведения, и их применяют в исключительных случаях, обоснованных технико-экономическими расчетами: при отсутствии индустриальной базы и наличии местных дешевых материалов; в случае нетипового проекта; при разделении помещений сложной формы; при необходимости устройства в перегородках большого количества отверстий для пропуска сетей инженерного оборудования.

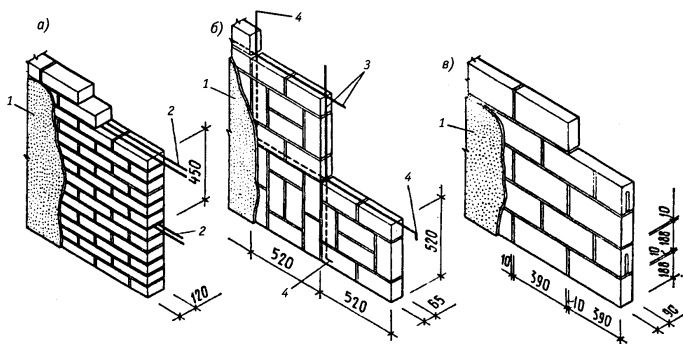


Рис. 12.1. Перегородки из мелкоразмерных элементов:

- a* – кирпичная перегородка в $\frac{1}{2}$ кирпича армированная; *б* – то же, в $\frac{1}{4}$ кирпича;
- в* – из мелких легковесных блоков с пустотами; 1 – отделочный слой;
- 2 – арматура горизонтальная диаметром 2...6 мм;
- 3 – то же, вертикальная и горизонтальная диаметром 4...6 мм;
- 4 – отгибы арматуры для крепления к стенам и перекрытию

Перегородки из кирпича, уложенного на цементном растворе с перевязкой швов, могут иметь толщину 65 мм (межкомнатные), 120 мм (межквартирные) и 250 мм. Устойчивость обеспечивает арматура: перегородку толщиной в четверть кирпича армируют полосовой сталью 1,5×2,5 мм, которую укладывают в горизонтальные швы через три ряда кирпича или в горизонтальные и вертикальные швы через 525 мм. Выпуски арматуры прикрепляют к стенам дюбелями.

Перегородки из гипсошлакобетонных, пенобетонных плит, из керамических и шлакобетонных блоков также выкладывают с пере-

вязкой швов. Устойчивость их обеспечивается так же, как и кирпичных (армированием, увеличением сечения перегородок). В жилых зданиях толщина межкомнатных перегородок принимается равной 80...100 мм, а межквартирных – 150...290 мм и зависит от размеров применяемых материалов.

Перегородки из крупноразмерных элементов (рис. 12.2) возводят панельной, каркасной, каркасно-панельной конструкции.

Панельные перегородки для жилых зданий из тяжелого или легкого бетона толщиной 60...70 мм, из гипсобетона толщиной 80 мм изготавливают размерами целиком на комнату с уже вмонтированными дверями или без них. Межквартирные перегородки с целью повышения звукоизоляции проектируют из двух межкомнатных с воздушным зазором между ними не менее 40 мм.

Перегородки возводят также из узких панелей высотой на этаж и шириной 0,6...1,2 м, изготавливаемых их гипсобетона, фибролита, ячеистых бетонов и др.

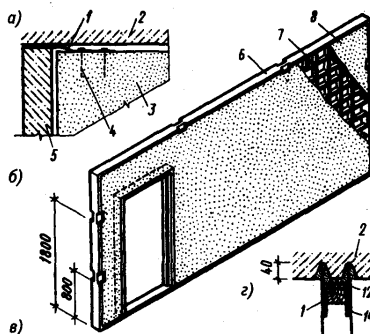


Рис. 12.2. Перегородки из крупноразмерных элементов:
a – крепление верхних углов перегородки к стенам (перегородкам); *б* – общий вид гипсобетонной перегородки;
1 – металлический анкер (4×25 мм); *2* – железобетонная плита перекрытия; *3* – гипсобетонная перегородка; *4* – гвоздь;
5 – стена (перегородка); *6* – деревянная обвязка;
7 – деревянный реечный каркас; *8* – гипсошлакобетон

Каркасные перегородки собирают на месте их установки из отдельных элементов. Каркас из деревянных брусков, асбестоцементных, стальных или алюминиевых профилей коробчатого, швеллерного или двутаврового сечений обшивают сухой штукатуркой, древесноволок-

нистыми, асбестоцементными, профилированными стальными или алюминиевыми листами, полимерными материалами и др. Между обшивками размещают звукоизоляционные материалы (рис. 12.3, 12.4).

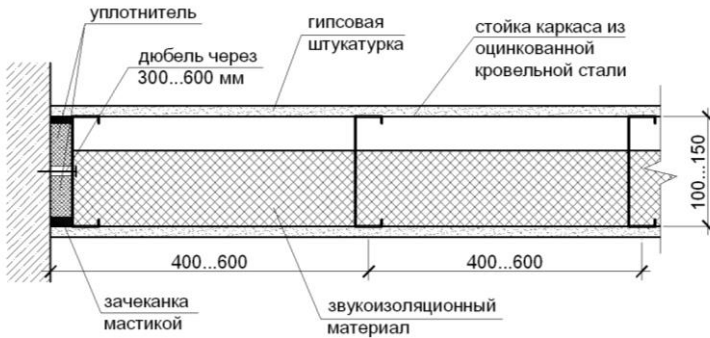


Рис. 12.3. Горизонтальное сечение по каркасной перегородке

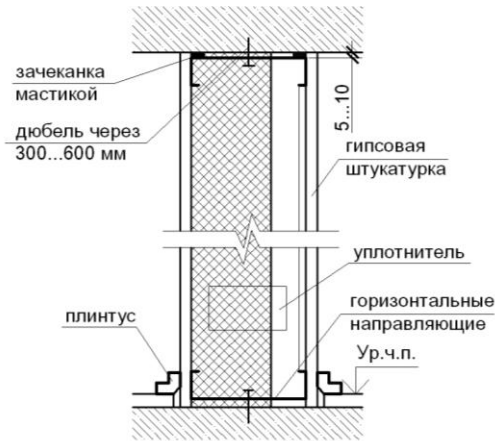


Рис. 12.4. Вертикальное сечение по каркасной перегородке

Монтаж перегородок начинают с направляющих, которые крепят к конструкциям перекрытий дюбелями, а в зданиях с деревянными конструкциями – гвоздями. Стойки закрепляют к нижней и верхней направляющим (рис. 12.5).

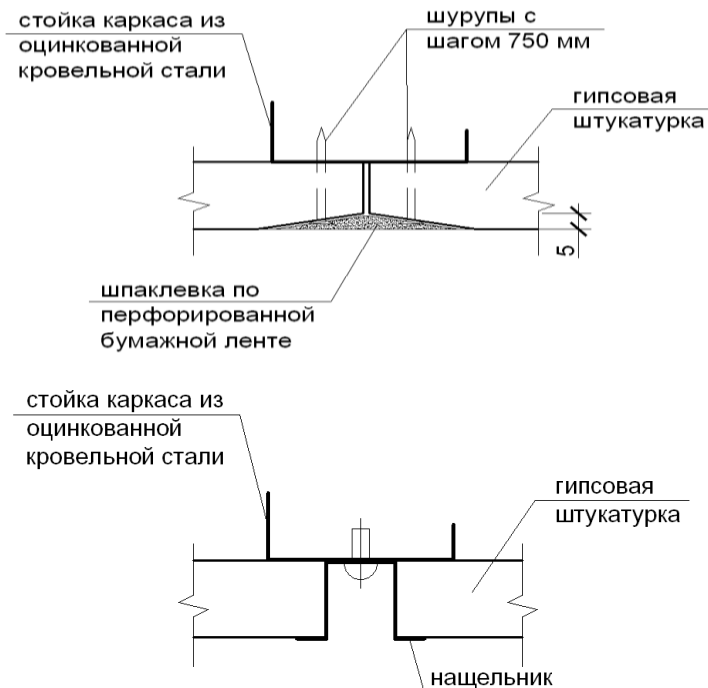


Рис. 12.5. Крепление обшивок перегородки к стойкам каркаса и разделка стыков

Каркасно-панельные перегородки проектируют при наличии панелей с недостаточной жесткостью и при разделении крупных помещений с большой высотой. Стойки каркаса обеспечивают перегородке устойчивость. Наиболее часто этот вид перегородок встречается в производственных зданиях при возведении разделительных перегородок. Перегородочные панели крепят к колоннам несущего каркаса гибкими соединительными деталями. Нижняя часть перегородок – самонесущая, верхняя – навесная. Панели размером $6 \times 1,8$ м и $6 \times 2,4$ м из легкого, тяжелого или ячеистого бетона опирают на обрезы фундаментов колонн, а из фибролита и гипсобетона – на фундаментные балки. Навесная часть перегородки выполняется из фибролитовых плит или асбестоцементных волнистых листов подобно обшивным листам. Листы навешивают на стальной каркас, прикрепляемый к колоннам и конструкциям покрытия.

Перегородки с применением стекла имеют существенные ограничения. Поскольку стекло характеризуется низкой огнестойкостью, не разрешается устраивать стеклянные перегородки в помещениях, расположенных на путях эвакуации.

Стекло применимо и в стационарных перегородках, и в сборно-разборных, и в трансформирующихся. Нижняя часть всех стеклянных перегородок на высоту не менее 0,2 м выполняется глухой из непрозрачных материалов.

Между верхней гранью остекленных перегородок и перекрытием всегда оставляют зазор, превышающий на 2...10 мм расчетный прогиб перекрытия во избежание передачи нагрузки на перегородку. Зазор заполняют эластичным звукоизоляционным материалом.

Конструктивное решение перегородок из стеклблоков и стеклопрофилита аналогично заполнению оконных проемов из этих материалов, а конструкции перегородок из листового стекла и стеклопакетов – конструкциям витражей и витрин с каркасом из деревянных брусков, алюминиевых и стальных профилей.

Глава 13. НАЗНАЧЕНИЕ ОКОН, ТРЕБОВАНИЯ К НИМ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОКОН. ЭЛЕМЕНТЫ ОКОННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ. УСТАНОВКА ОКОННЫХ БЛОКОВ. ВИТРИНЫ И ВИТРАЖИ

Окно – это светопрозрачное ограждение, предназначенное для освещения и проветривания помещений.

Требования к окнам:

- обеспечение достаточной светопропускной способности, т. е. соответствие коэффициенту естественной освещенности, который равен отношению площади оконного заполнения к площади пола освещаемого помещения и зависит от назначения помещения: КЕО = 1/2...1/12;

- теплотехнические;
- акустические;
- удобство в эксплуатации;
- индустриальность;
- экономичность.

Классификация окон.

1. По назначению:

- а) наружные;
- б) внутренние (передаточные между смежными помещениями).

2. По характеру членения переплетов:

- а) одностворчатые;
- б) двухстворчатые;
- в) трехстворчатые.

3. По способу открывания створок:

- а) с глухими створками;
- б) с открывающимися створками.

4. По устройству вентиляции:

- а) через форточки;
- б) через узкие вертикальные створки;
- в) через фрамуги;
- г) через вентиляционные короба.

5. По числу рядов остекления:

- а) одинарное;
- б) двойное;
- в) тройное.

6. По виду светопрозрачного материала:

- а) из обычного стекла толщиной 2...6 мм;
- б) из специального стекла (солнцезащитного, декоративного и др.).

7. По роду материала:

- а) деревянные;
- б) из синтетических материалов;
- в) из стеклопластика.

Элементы оконного заполнения.

Окно состоит из следующих элементов (рис. 13.1):

- *оконной коробки* в виде прямоугольной рамы, предназначенной для навески переплетов. При значительных размерах окон для повышения их жесткости коробки могут иметь дополнительные внутренние бруски – импосты, которые располагают вертикально и горизонтально;

- *остекленных переплетов*, состоящих из створок, фрамуг (с горизонтальной подвеской) и форточек. В свою очередь, глухие переплеты, фрамуги и створки состоят из *обвязок* (образующих каркас) и *горбыльков* (горизонтальных и вертикальных брусков внутри обвязки, разделяющих площадь створки, переплета на более мелкие ячейки);

- *подоконной доски* из бетона, древесины, обрамляющей оконный проем изнутри;

- *наружного водоотлива* из листа оцинкованной кровельной стали.

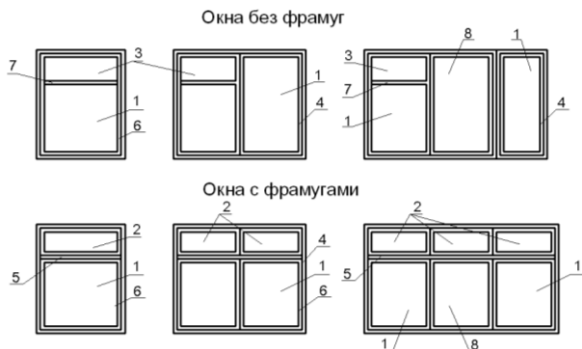


Рис. 13.1. Конструкция оконного блока:
 1 – створка; 2 – фрамуга; 3 – форточка; 4 – обвязка оконной коробки;
 5 – горизонтальный импост коробки; 6 – обвязка створки;
 7 – горбылек; 8 – глухая створка

По конструктивному решению оконные коробки бывают отдельные (с наружными и внутренними переплетами) и спаренные. Широко применяют окна со спаренными переплетами, в которых наружный и внутренний переплеты сближают до непосредственного соприкосновения и образуют как бы один переплет с двумя стеклами.

Более прогрессивной конструкцией по сравнению со спаренными переплетами являются стеклопакеты, вставляемые в одинарные переплеты. Такой пакет состоит из двух стекол с прослойкой сухого воздуха и обрамления рамкой из резины или пластмассы. Находят применение и пластмассовые оконные переплеты, которые в отличие от деревянных не загнивают, не рассыхаются и сохраняют плотность притвора.

Оконные переплеты из металлических сплавов обладают большой прочностью, долговечностью и имеют красивый внешний вид.

Витраж отличается от окон существенно большей площадью остекления; это может быть и целиком светопрозрачная стена, навесная или самонесущая. Небольшой витраж высотой на один этаж – остекленное место, предназначенное для экспозиции или демонстрации каких-либо предметов, – называют **витриной**.

Витражи и витрины возводят из индустриальных элементов, размеры которых кратны укрупненному модулю 3М (300 мм), с одинарным, двойным или тройным остеклением в зависимости от климатических условий и параметров внутренней среды помещений.

Переплеты витражей и витрин часто называют каркасом, который

может быть стальным, деревянным или из алюминиевых сплавов. В витражах высотой более 6 м вертикальные элементы каркаса, воспринимающие большие ветровые нагрузки, выполняют в виде рам, ферм.

В каркас вставляют стеклопакеты, а также большепролетные неполированные или полированные стекла толщиной 6...8 мм. Наибольший размер 4,5×3,0 м при толщине 8 мм в настоящее время имеют полированные стекла.

Витражи и витрины с двойным раздельным остеклением подразделяют на проходные и непроходные. Проходные конструкции – глухие. Для обеспечения прохода человека в межстекольное пространство для протирания стекол ширина этого пространства принимается не менее 450 мм. При высоте витражей более 3 м это расстояние увеличивается до 800 мм. Для входа в межстекольное пространство предусматривают створку шириной не менее 600 мм из тамбура или из помещения. При протяженных витражах створки устраивают через каждые 15 м. В непроходных витражах одно из светопрозрачных ограждений проектируют глухим, а другое – целиком створным. Расстояние между наружным и внутренним ограждением принимают не более 150 мм.

Для защиты витрин и витражей от конденсата и обледенения внутреннюю конструкцию остекления тщательно герметизируют от проникновения в межстекольное пространство увлажненного воздуха из помещения.

Конструкции витражей и витрин можно устанавливать на отметке пола первого этажа, но не ниже 0,3 м от уровня тротуара. Для снижения блескости витринного стекла наружному остеклению придают наклон наружу до 10...15° или используют солнцезащитные свойства.

Глава 14. ДВЕРИ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К ДВЕРЯМ

Двери – это подвижное ограждение в проеме стены или перегородки. Классификация дверей.

1. По месторасположению в здании:

- а) парадные (входные в здание);
- б) наружные (входные в квартиру);
- в) внутренние.

2. По числу полотен:

- а) однопольные;

- б) полуторapolьные (с двумя полотнами различной ширины);
- в) двупольные.

3. По характеру ограждения:

- а) глухие;
- б) частично остекленные;
- в) остекленные.

4. По способу открывания:

- а) открывающиеся в одну сторону;
- б) открывающиеся в обе стороны;
- в) раздвижные;
- г) складывающиеся;
- д) вращающиеся.

5. По материалу:

- а) деревянные;
- б) из синтетических материалов;
- в) стальные;
- г) стеклянные.

Требования к дверям:

- обеспечение достаточной пропускной способности;
- теплотехнические;
- звукоизоляционные;
- удобство в эксплуатации;
- индустриальность;
- экономичность.

Для удобства эвакуации большинство дверей в гражданских зданиях открывается наружу.

Глава 15. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ

15.1. Основы проектирования промышленных зданий

Основой индустриального промышленного строительства является заводское изготовление конструкций и их узлов, монтируемых на стройке с использованием современных средств механизации и автоматизации. Индустриализация невозможна без унификации и типизации зданий целиком, их частей (блоков), узлов (модулей) и отдельных конструкций. Использование крупноразмерных сборных конструкций и монтаж крупными узлами и блоками значительно повышают индустриальность строительства.

В промышленном строительстве широко применяются сборные железобетонные и стальные конструкции, а также монолитный железобетон, алюминий, дерево и пластмассы.

Основными направлениями повышения технического уровня и снижения стоимости промышленного строительства являются:

- объединение предприятий в промышленные узлы с использованием общих инженерных коммуникаций, вспомогательных, складских и обслуживающих зданий;

- блокирование производственных, вспомогательных и других цехов (объединение нескольких цехов под одной крышей);

- строительство в основном одноэтажных промышленных зданий с пролетами одного направления, одинаковой высоты и ширины;

- использование универсальных типов промышленных зданий (павильонного типа, с межферменными этажами, с подпольными этажами и т. п.);

- замена мостовых кранов более эффективными видами внутрицевого транспорта (подвесными или напольными кранами, авто- и электрокарами и т. п.);

- снижение массы зданий за счет уменьшения расхода материалов;

- применение из стали и бетонов высоких марок, предварительно напряженных, тонкостенных и пространственных прогрессивных большепролетных конструкций;

- размещение технологического оборудования вне зданий или под навесами;

- удобное размещение бытовых помещений по отношению к рабочим местам с применением новейшего санитарно-технического оборудования.

15.2. Требования к промышленным зданиям

К промышленным зданиям предъявляют функциональные, технические, архитектурно-художественные и экономические требования.

Функциональные требования. Здания должны обеспечивать нормальное функционирование размещаемого технологического оборудования и нормальный ход технологического процесса в целом, т. е. здание должно отвечать определенным эксплуатационным требованиям и создавать в помещениях нормальные санитарно-гигиенические условия для деятельности человека. С учетом функциональных требований назначают: объемно-планировочные параметры здания исходя из необходимого состава, площадей, высот и взаимосвязи помещений; вид и материал несущих и ограждающих конструкций; тип и грузо-

подъемность внутрицехового транспорта и обеспечивают нормальные санитарно-гигиенические условия в помещениях (освещенность, воздухообмен и т. п.).

Технические требования заключаются в обеспечении прочности, устойчивости, долговечности зданий и в возможности их возведения индустриальными методами.

Архитектурно-художественные требования заключаются в придании зданию выразительного архитектурного облика на основе фактуры и цвета поверхности ограждающих конструкций здания, пропорций отдельных его объемов и т. п.

Экономические требования достигаются: рациональной организацией технологического процесса; оптимальным использованием площади и объема здания; назначением соответствующих шагов колонн и ширины пролетов, этажности, материалов и т. п.

15.3. Классификация промышленных зданий

К промышленным зданиям относят здания, в которых осуществляются производственно-технологические процессы, связанные с выпуском определенного вида продукции.

По назначению промышленные здания подразделяют на следующие группы:

- *производственные*, которые предназначены для основных процессов производства. К ним относятся прокатные, кузнечные, механосборочные и тому подобные цехи;

- *подсобно-производственные*, необходимые для вспомогательных процессов. К ним относятся ремонтные, тарные и тому подобные здания;

- *энергетические*, снабжающие предприятие электроэнергией, сжатым воздухом, паром, газом. К таким сооружениям относят ТЭЦ, компрессорные, паровые установки и т. п.;

- *складские*, предназначенные для хранения сырья, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и пр.;

- *транспортные*, к которым относятся гаражи, электровозные депо и тому подобные здания;

- *санитарно-технические*, предназначенные для обслуживания водопровода, канализации и т. п. Это насосные станции, очистные сооружения, водохранилища, водонапорные башни и др.;

- *вспомогательные и общезаводские*, к которым относятся административные помещения, заводоуправления, столовые, медицинские пункты, ПТУ, пожарные депо и т. п.

На территории промышленных предприятий, в зависимости от их назначения, строят специальные сооружения, такие как: резервуары, газгольдеры, градирни, эстакады, дымовые трубы и т. п.

Для конкретного производства состав зданий и сооружений, располагаемых на территории промышленного предприятия, зависит от назначения здания, его специализации и мощности.

По архитектурно-конструктивным признакам промышленные здания делят на одноэтажные, многоэтажные и смешанной этажности.

Одноэтажными проектируют здания для производственных процессов, связанных с необходимостью применения тяжелого громоздкого оборудования для изготовления крупногабаритных изделий, а также в которых возможны динамические нагрузки больших значений (кузнечные, прокатные, термические, литейные и тому подобные цехи).

В многоэтажных зданиях размещают производства с вертикально направленным технологическим процессом с использованием тяжести сырья и полуфабрикатов, например мельницы, химические заводы, хлебозаводы и тому подобные производства.

Промышленные предприятия, в которых размещаются производства, связанные с горизонтальным и вертикальным технологическими процессами, проектируют *смешанной этажности*. Многие предприятия химической промышленности имеют смешанную этажность.

В основном промышленные производства размещают в одноэтажных зданиях. Одноэтажные здания составляют до 80 % от общего объема промышленного строительства.

В зависимости от количества пролетов одноэтажные здания делят на *одно- и многопролетные*.

По ширине пролетов различают *мелкопролетные* ($L < 12$ м) и *крупнопролетные* ($L > 12$ м) здания.

В современном промышленном строительстве основными типами являются многопролетные здания с широкими пролетами, в которых большие производственные площади не стеснены промежуточными опорами.

Применение железобетонных и армоцементных оболочек, стальных и алюминиевых ферм, пространственных систем и других высокопрочных легких конструкций покрытий позволяет строить большепролетные промышленные здания с пролетами, равными 36, 42, 60 м и более. В таких зданиях, как правило, размещают цехи авиационных заводов, ангары, гаражи и т. п.

По типу застройки территории промышленные предприятия делят на здания сплошной и павильонной застройки. Здания *сплошной застройки* имеют значительные размеры в плане и являются много-

пролетными, а здания *павильонной застройки* имеют небольшую ширину и ограниченное количество пролетов.

По расположению внутренних опор различают ячеяковые, пролетные и зальные здания.

Ячеяковые здания имеют квадратную сетку колонн с малыми размерами пролетов и шагов.

В *пролетных* зданиях величина пролета значительно превышает величину шага опор.

В *зальных* зданиях расстояния между опорами достигают 100 м и более.

Многоэтажные промышленные здания, как правило, проектируют многопролетными, в первых этажах которых располагают производства, имеющие тяжелое, крупногабаритное оборудование, а в верхних этажах – производства, опасные с точки зрения выбросов газа или других вредных химических веществ, а также пожароопасные производства.

Одноэтажные здания по сравнению с *многоэтажными* имеют следующие преимущества:

- облегчают установку технологического оборудования, упрощают пути грузовых потоков и позволяют использовать для перевозки грузов наиболее экономичный горизонтальный транспорт;

- имеют более простые объемно-планировочные и конструктивные решения;

- обеспечивают равномерную освещенность рабочих мест естественным светом за счет применения световых фонарей в покрытии здания;

- дают возможность организовать естественный воздухообмен в помещениях через светоаэрационные фонари;

- создают хорошую обзорность всех участков технологического процесса и удобную связь между производственными помещениями;

- легче и с большим эффектом поддаются унификации и типизации, а также блокированию.

К недостаткам *одноэтажных зданий* можно отнести:

- относительно большую площадь застройки, увеличивающую протяженность инженерных и транспортных сетей и повышающую расходы на благоустройство территории;

- большую площадь наружных ограждений, что повышает эксплуатационные расходы на содержание ограждений и поддержание заданных параметров внутренней среды.

Многоэтажные здания при нагрузках до 10 кН/м^2 экономичнее одноэтажных. Они более гибки в отношении градостроительных требований (их можно размещать в городских кварталах, за исключением зданий с вредными производствами). В многоэтажных зданиях более удачно размещаются административно-бытовые помещения.

Недостатками *многоэтажных зданий* являются:

- потребность в вертикальных коммуникациях (лестницах, лифтах, подъемниках);
- ограниченность ширины при условии естественной освещенности рабочих мест (не более 24 м);
- высокий удельный вес подсобных помещений, проходов, проездов и т. п.

Глава 16. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Конфигурация и размеры плана, высота и профиль промышленного здания определяются параметрами, количеством и взаимным расположением пролетов. Эти факторы зависят от технологии производства, характера выпускаемой продукции, производительности предприятия, требований санитарных норм и пр.

Ширина пролета в промышленном здании (L) (рис. 16.1) – расстояние между продольными координационными осями, которое складывается из величины пролета мостового крана (L_k) и удвоенного расстояния между осью рельса подкранового пути и модульной координационной осью ($2K$): $L = L_k + 2K$.

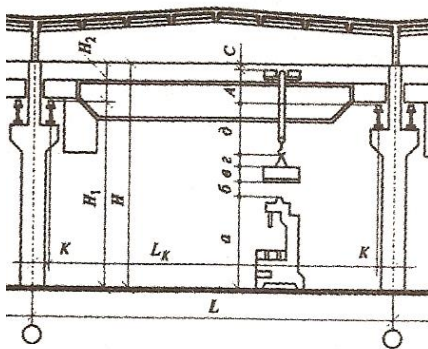


Рис. 16.1. Параметры пролета одноэтажного промышленного здания

Пролеты мостовых кранов увязаны с шириной пролетов и определяются ГОСТом. Величину K принимают: 750 мм при кранах грузоподъемностью $Q \leq 500$ кН; 1000 мм (и более кратно 250 мм) при $Q > 500$ кН, а также при устройстве в надкрановой части колонн прохода для обслуживания подкрановых путей.

Минимально допустимая ширина пролетов, определяемая условиями технологии производства (габариты и характер оборудования, система его расстановки, ширина проездов и др.), не всегда экономически целесообразна. Цехи, равновеликие по площади и имеющие одинаковую длину, могут быть как мелкопролетными, так и крупнопролетными, а в некоторых случаях и большепролетными. Например, здание шириной 72 м может быть сформировано шестью пролетами размером 12 м, четырьмя пролетами по 18 м, тремя пролетами по 24 м, двумя пролетами по 36 м или одним пролетом шириной 72 м. При этом надо помнить, что большепролетные здания, имея укрупненную сетку осей, являются высокоуниверсальными в технологическом отношении.

Шаг колонн – расстояние между поперечными координационными осями, его назначают с учетом габаритов и способа расстановки технологического оборудования, размеров выпускаемых изделий, вида внутрицехового транспорта. Так, при крупногабаритном оборудовании и больших изделиях шаг колонн назначают большим, что повышает эффективность использования производственных площадей, но усложняет конструкции покрытия и подкрановых путей. В основном принимают шаг колонн равным 6 или 12 м.

Высота пролета – расстояние от уровня чистого пола до низа несущих конструкций покрытия. Она зависит от технологических, санитарно-гигиенических и экономических требований, предъявляемых к промышленному зданию. Складывается она в пролетах с мостовыми кранами из расстояний от уровня чистого пола до верха кранового рельса H_1 и расстояния от верха рельса до низа несущей конструкции покрытия H_2 .

Одноэтажные здания, как правило, проектируют с параллельными пролетами одинаковой ширины и высоты. В случаях технологической необходимости здания проектируют со взаимно перпендикулярными пролетами разной ширины и высоты. В последних случаях перепады высот рекомендуется совмещать с продольными температурными швами, а величину разницы в высотах назначать кратной 0,6 м и не менее 1,2 м.

Глава 17. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Конструктивные системы промышленных зданий выполняют по различным конструктивным схемам. В основном для промышленных зданий применяют каркасную схему, в которой прочность, жесткость и устойчивость обеспечивается пространственными рамными каркасами как с поперечным или продольным расположением ригелей, так и безригельными.

Выбор конструктивной схемы промышленных зданий осуществляют с учетом конкретных нагрузок и воздействий на здание, а также в соответствии с функциональными, экономическими и эстетическими требованиями. Наиболее предпочтительной является каркасная система с поперечным расположением ригелей, при которой в поперечном направлении образуются рамы, которые совместно со связями обеспечивают пространственную жесткость и устойчивость здания и позволяют, изменяя шаг колонн, обеспечивать гибкость планировочного решения внутреннего пространства здания. Каркасные системы – основной тип промышленных зданий, так как в них действуют большие сосредоточенные нагрузки, удары, сотрясения от технологического оборудования и кранов.

В бескаркасных зданиях размещают небольшие цехи с пролетами шириной до 12 м, высотой до 6 м и кранами грузоподъемностью до 50 кН. В местах опирания стропильных конструкций стены с внутренних сторон усиливают пилястрами. Многоэтажные промышленные здания по бескаркасной системе строят очень редко.

Производственные здания с неполным каркасом проектируют под небольшие нагрузки бескрановыми с $Q < 50$ кН. В таких зданиях отсутствуют пристенные колонны, а наружные стены выполняют и несущую, и ограждающую функции.

Глава 18. ВНУТРИЦЕХОВОЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Технологический процесс требует перемещения внутри здания сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и т. п. Применяемое при этом подъемно-транспортное оборудование необходимо не только с точки зрения технологии производства, но и для облегчения труда, а также для монтажа и демонтажа технологических агрегатов.

Внутрицеховое подъемно-транспортное оборудование делят на две группы:

- периодического действия;
- непрерывного действия.

К первой группе относят мостовые краны, подвесной и напольный транспорт. Вторая группа включает: конвейеры (ленточные, пластинчатые, скребковые, ковшовые, подвесные цепные), нории, роулеры и шнеки.

В основном в промышленных зданиях применяют мостовые и подвесные краны. Они обслуживают достаточно большую площадь цеха и перемещаются в трех направлениях.

Подвесные краны имеют грузоподъемность от 2,5 до 50 кН, редко до 200 кН и состоят из легкого моста или несущей балки, двух- или четырехкатковых механизмов передвижения по подвесным путям и электротали, которая перемещается по нижней полке мостовой балки (рис. 18.1).

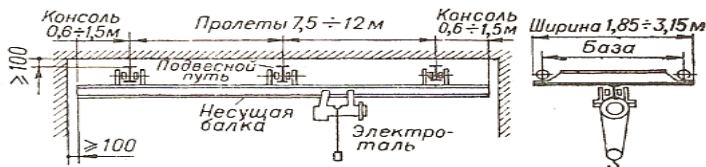


Рис. 18.1. Основные параметры подвесных однобалочных кранов

По ширине пролета устанавливают один или несколько кранов в зависимости от ширины пролета, шага несущих конструкций покрытия, грузоподъемности. По количеству путей подвесные краны могут быть одно-, двух- и многопролетными.

Мостовые краны имеют грузоподъемность от 30 до 5000 кН. В промышленных зданиях в основном применяются краны грузоподъемностью от 59 до 300 кН.

Мостовой кран состоит из несущего моста, перекрывающего рабочий пролет помещения, механизмов передвижения вдоль подкрановых путей и передвигающейся вдоль моста тележки с механизмом подъема.

Несущий мост выполняют в виде пространственных четырехплоскостных коробчатых балочных или ферменных конструкций. Краны перемещаются по рельсам, уложенным по подкрановым балкам, опирающимся на консоли колонн. Управляют мостовыми кранами из подвешенной к мосту кабины или с пола цеха (краны с ручным управлением).

Грузоподъемность, габариты и основные параметры мостовых кранов, так же как и подвесных, определены ГОСТами.

В зависимости от продолжительности работы в единицу времени эксплуатации цеха мостовые краны подразделяют на краны тяжелого режима работы ($K_{\text{использ}} \geq 0,4$), среднего режима ($K_{\text{использ}} = 0,25 \dots 0,4$) и легкого режима ($K_{\text{использ}} = 0,15 \dots 0,25$).

В одном пролете можно устанавливать два или несколько кранов, располагаемых как в одном, так и в двух уровнях цеха (рис. 18.2).

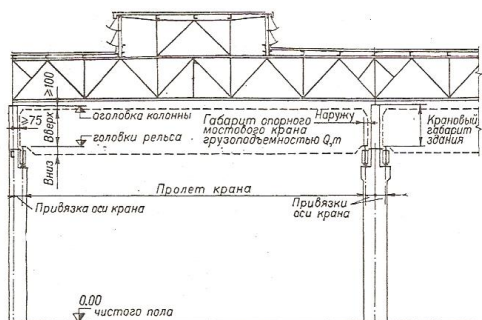


Рис. 18.2. Основные параметры пролетов с мостовыми кранами

Очень часто объемно-планировочное и конструктивное решения промышленных зданий определяются наличием и характеристиками кранового оборудования. Проектировщики стремятся уменьшить грузоподъемность кранов или вообще освободить каркас здания от крановых нагрузок, так как это позволяет уменьшить сечения колонн и размеры фундаментов, избавиться от устройства подкрановых путей и получить возможность применения укрупненной сетки колонн.

Технологические процессы в зданиях без кранов обслуживают напольным транспортом. К ним относят вагонетки, рольганги, автомобильные краны и погрузчики.

В крупнопролетных зданиях для перемещения громоздких и тяжелых грузов целесообразно применять козловые и полукозловые краны, передвигающиеся по уложенным в уровне пола цеха рельсам. Одной опорой полукозлового крана является подкрановый путь. При замене мостовых кранов козловыми требуется увеличение пролета и высоты здания. Так, для пролетов 12 и 15 м такие увеличения пролета и высоты должны составлять соответственно 3 и 1,6 м, а для пролета 18 м –

6 и 3 м. Однако отказ от мостовых кранов в одноэтажных зданиях приводит к значительному экономическому эффекту, так как снятие крановых нагрузок с каркаса помимо экономии материалов открывает возможности создания легких большепролетных зданий с пространственными системами покрытий.

Глава 19. ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Все деформационные швы, которые предусматривают в промышленных зданиях, классифицируют на две группы

По назначению:

- температурно-деформационные (ТДШ);
- осадочные;
- антисейсмические.

По расположению:

- продольные;
- поперечные.

Для ограничения усилий, возникающих в конструкциях от перепада температур, здание разрезается *температурно-деформационными швами* на отсеки (температурные блоки), размеры которых (длина А и ширина Б, рис. 19.1) зависят от материала каркаса, теплового режима здания и климатических условий района строительства. Эти размеры определяются расчетом.

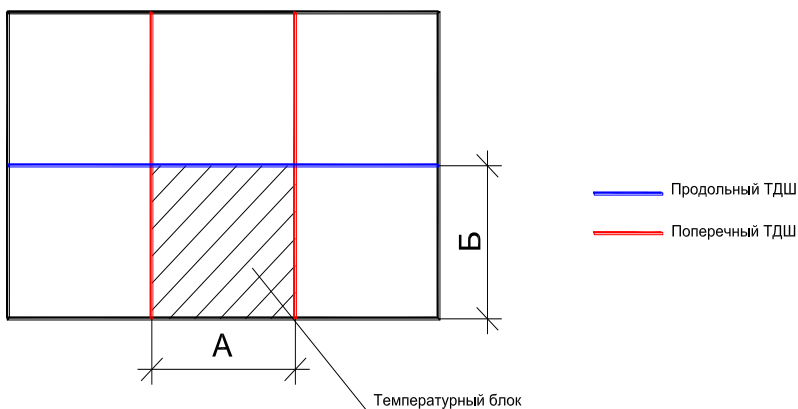


Рис. 19.1. Схема разрезки здания швами на температурные блоки

Для железобетонного и смешанного каркаса длина температурного блока $A \leq 72$ м, если в здании по длине присутствуют неразрезные элементы (например, подкрановые балки). Для бескрановых зданий нормами разрешено увеличивать A до 144 м. Однако если в здании есть подвесное оборудование (монорельс и т. п.), длина температурного блока не должна превышать 72 м. Допускается A увеличивать до 280 м, но при этом высота здания не должна превышать 8,4 м.

Ширина температурного блока B не должна быть больше 90...96 м.

В особых климатических районах и для неотапливаемых зданий длину температурного блока A назначают по инструкциям, привязанным к местным климатическим условиям.

В стальных каркасах зданий с мостовыми кранами $A \leq 120$ м, в бескрановых зданиях $A \leq 240$ м, а $B \leq 210$ м. В зданиях с кранами большой грузоподъемности (Q до 4500 кН) или при тяжелом или особо тяжелом режиме их работы A не должна превышать 96 м.

Осадочные швы устраивают:

- в местах сопряжения взаимно перпендикулярных пролетов;
- между смежными параллельными пролетами при наличии в них различных статических и динамических нагрузок;
- в местах примыкания многоэтажного здания к одноэтажному;
- в зданиях с перепадом высот более 2,4 м при ширине здания до 60 м и высот не менее 1,8 м при ширине здания не менее 72 м и при разных статических нагрузках;
- по расчету в зависимости от гидрогеологических условий площадки строительства.

Глава 20. ТИПИЗАЦИЯ И УНИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Типизация и унификация в СССР начали внедряться в промышленное строительство в годы первой пятилетки: тогда рекомендовалось в цехах металлургической и машиностроительной промышленности принимать пролеты кратными 3 м, а шаг – 6 м. В 1939 году на основе размеров кратных 3 м были разработаны типовые ячейки (секции) одноэтажных промышленных зданий и выпущены альбомы типовых деталей.

В 1955 году Госстрой СССР установил единую систему назначения основных строительных параметров зданий многих отраслей промышленности, и были разработаны габаритные схемы зданий. В этих схе-

мах указывались размеры здания в плане, его поперечный и продольный профили, высота помещений, вид и грузоподъемность внутрицевого транспорта. В 1957 году был издан первый каталог унифицированных сборных железобетонных конструкций для промышленного строительства. В 1962 году началось проектирование зданий из унифицированных типовых секций (УТС) и пролетов (УТП).

УТС – самостоятельный объем здания (температурный блок) с установленными объемно-планировочными параметрами. Параметры УТС (размеры в плане, сетка колонн, высота, грузоподъемность кранов) приняты с учетом требований производства, на основе габаритных схем и номенклатуры унифицированных конструкций. Из этих секций komponуют здания с размерами, определяемыми технологическими требованиями и условиями блокирования производств.

Применительно к УТС и УТП разработаны следующие типовые проектные материалы:

- чертежи типовых конструкций (ТК) и деталей (ТД) для заводоизготовителей;
- чертежи типовых монтажных деталей (ТДМ) и их сопряжений для монтажников;
- чертежи типовых архитектурно-строительных деталей (ТДА) для проектировщиков и строителей.

Унифицируют и типизируют объемно-планировочные и конструктивные решения промышленных зданий на основе единой модульной системы (ЕМС), которая позволяет взаимоувязывать размеры зданий и их элементов.

Для промышленного строительства установлен единый модуль $M = 600$ мм как для вертикальных, так и для горизонтальных измерений. При проектировании используют укрупненные модули, кратные единому модулю ($6M$).

В одноэтажных зданиях для ширины пролетов и шага колонн принимают укрупненный модуль $10M$, а для высоты (от чистого пола здания до низа несущих конструкций покрытия) – $1M$.

В многоэтажных зданиях для ширины пролетов принимают укрупненный модуль $5M$, для шага колонн – $10M$ и высоты этажа – $1M$ и $2M$.

Размеры параметров одноэтажных зданий.

Пролеты (L) для бескрановых зданий принимают от 12 до 36 м; для зданий с мостовыми кранами – от 18 до 36 м, кратными 6 м.

Шаг колонн (a) принимают, как правило, равным 6 или 12 м.

Высота здания (H) назначается от 3 до 6 м, кратной 0,6 м, и от 7,2 до 18 м, кратной 1,2 м.

Размеры параметров многоэтажных зданий.

Пролеты (L) могут быть 6, 9, 12 м и более (кратные 6 м).

Шаг колонн (a) принимают 6 и 12 м.

Высоту этажа ($h_э$) назначают равной:

при $L = 6$ м – 3,6; 4,2; 4,8 и 6 м (для 1-го этажа – 7,2 м);

при $L = 9$ м – 3,6; 4,2; 4,8 и 6 м;

при $L = 12$ м – 4,2; 4,8; 6 и 7,2 м.

При назначении размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов используют номинальные размеры (расстояния между модульными координационными осями здания). Номинальные размеры всегда кратны модулю. Конструктивные размеры не являются модульными. Их увязывают с номинальными размерами за счет толщины швов, зазоров и стыков. Так, при $a = 6$ м длина стеновых панелей равна 5,98 м. Объемно-планировочные параметры конструктивных размеров не имеют.

Глава 21. ПРИВЯЗКА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К МОДУЛЬНЫМ КООРДИНАЦИОННЫМ ОСЯМ

Унификация и типизация невозможны без соблюдения единых правил привязки конструктивных элементов к модульным координационным осям здания.

Под **привязкой** понимают расстояние от модульной координационной оси до грани или геометрической оси сечения конструктивного элемента.

Конструкции покрытия и перекрытия всегда имеют нулевую привязку.

Привязка колонн крайних продольных рядов здания.

Колонны крайние могут иметь привязки: «0» (нулевая привязка), «250» и «500» (рис. 21.1, 21.2).

Нулевая привязка – наружная грань колонны совпадает с координационной осью. Устраивают такую привязку в следующих случаях:

- в зданиях со сборным железобетонным или смешанным каркасом без мостовых кранов и подстропильных конструкций;

- в зданиях со сборным железобетонным или смешанным каркасом с мостовыми кранами при следующих параметрах: $a = 6$ м; $H \leq 14,4$ м; $Q \leq 200$ кН;

- в бескрановых зданиях с металлическим каркасом высотой $H \leq 8,4$ м.

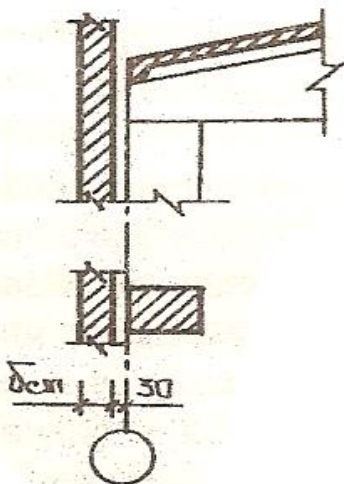


Рис. 21.1. Нулевая привязка

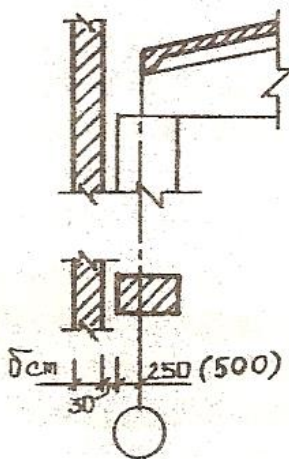


Рис. 21.2. Привязки «250» и «500»

Привязки «250» и «500» – колонны выдвигаются относительно модульной координационной оси на 250 или 500 мм соответственно наружу здания.

Привязку «250» осуществляют:

- в зданиях, имеющих подстропильные конструкции;
- при нарушении условий нулевой привязки.

Привязку «500» устраивают:

- в зданиях с мостовыми кранами грузоподъемностью не менее 750 кН;
- в зданиях с мостовыми кранами тяжелого и особо тяжелого режимов работы.

Привязка колонн средних рядов здания.

Средние колонны, за исключением колонн, расположенных в местах деформационных швов, имеют осевую привязку – их геометрические оси совмещают с модульными координационными осями здания.

Привязка крайних колонн к поперечным (торцевым) модульным координационным осям.

Привязка *торцевых* колонн выполняется смещением геометрической оси колонны по отношению к координационной оси на 500 мм внутрь здания. Такое смещение колонн в торце здания обеспечивает необходимый зазор между стеной и пристенной несущей конструкци-

ей покрытия для размещения верхней части колонн торцевого фахверка (рис. 21.3).

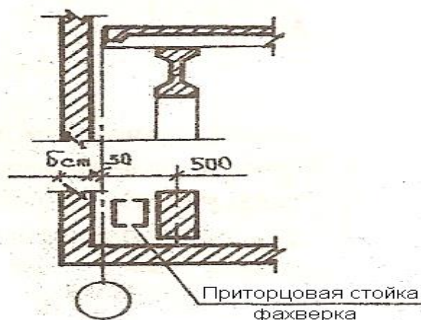


Рис. 21.3. Привязка колонн в торце здания

Привязка колонн в местах устройства деформационных швов.

Швы, как правило, устраивают на двух колоннах (со вставкой и без нее). В металлическом каркасе допустимо выполнять шов на одной колонне между параллельными пролетами одной высоты при условии, что в здании нет мостовых кранов, а примыкающие пролеты имеют высоту $H \leq 7,2$ м и ширину $L \leq 18$ м. В этом случае колонна имеет осевую привязку, а в одном из пролетов устраивают подвижное опирание ферм покрытия.

Продольные швы между параллельными пролетами одной высоты и швы в местах перепада высот как параллельных, так и взаимно перпендикулярных пролетов выполняются на двух колоннах со вставкой между модульными координационными осями. Размеры вставок (c) определяются в зависимости от вида каркаса и привязок его элементов к координационным осям, требуемых температурных зазоров, а в местах перепада высот еще учитывают и толщину стен.

Поперечный температурно-деформационный шов (ТДШ).

Поперечный ТДШ устраивают:

- при длине температурного блока $A < 144$ м – на двух колоннах, геометрические оси которых располагают на расстоянии 500 мм от модульной координационной оси (рис. 21.4, а);

- при длине температурного блока $A \geq 144$ м – на двух колоннах со вставкой (на двух осях) $c = 100$ мм, а геометрические оси колонн располагают на расстоянии 500 мм от каждой координационной оси внутрь блока (рис. 21.4, б).

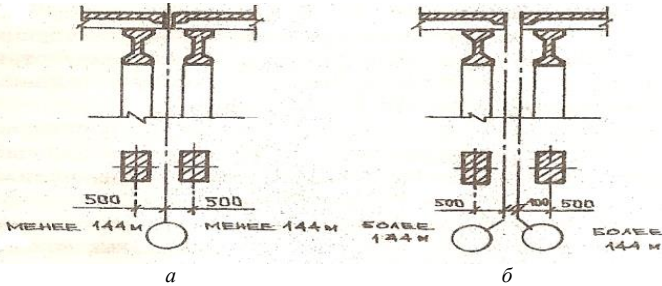


Рис. 21.4. Привязка колонн в поперечном ТДШ:
а – при длине температурного блока менее 144 м;
б – при длине температурного блока 144 м и более

Продольный температурно-деформационный шов (ТДШ) без перепада высот между смежными параллельными пролетами.

Такие ТДШ устраивают на двух осях со вставкой (*с*), а колонны привязывают по правилам привязки крайних колонн.

ТДШ в перепадах высот параллельных и взаимно перпендикулярных пролетов.

Эти швы выполняются на двух колоннах со вставкой между координационными осями (рис. 21.5).

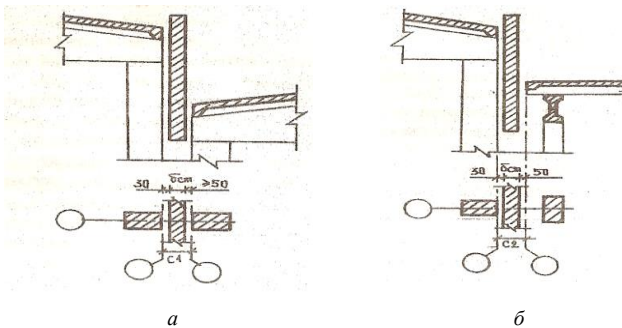


Рис. 21.5. Устройство ТДШ в местах перепада высот:
а – параллельных пролетов; *б* – взаимно перпендикулярных пролетов

Колонны торцевого фахверка имеют нулевую привязку – координационная ось совпадает с наружной гранью колонны. Привязка колонн продольного фахверка назначается такой же, как основных колонн данного ряда.

Привязки колонн многоэтажных зданий.

Промышленные многоэтажные здания проектируют в основном из унифицированных железобетонных конструкций серий ИИ 20/70 (под полезную нагрузку на перекрытие до 25 кН/м^2) и 1.020-1, созданной на базе серии ИИ-04 (под полезную нагрузку на перекрытие до 10 кН/м^2).

Привязка колонн серии ИИ 20/70.

Колонны средних рядов имеют осевую привязку, а крайних продольных рядов – нулевую – их наружная грань совпадает с координационной осью.

Для торцевых колонн здания допускают три решения (рис. 21.6):

- а) колонны располагают центрально на поперечной координационной оси, а стены – с привязкой 530 мм;
- б) колонны сдвинуты относительно своей геометрической оси на 500 мм от модульной координационной оси;
- в) колонны имеют осевую привязку.

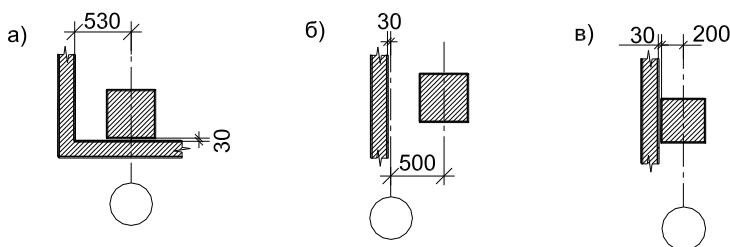


Рис. 21.6. Привязка торцевых колонн

Температурно-деформационные швы устраивают:

- со вставкой ($c = 1000 \text{ мм}$), а колонны имеют осевую привязку;
- без вставки, а геометрические оси колонн отстоят от координационной оси на 500 мм (рис. 21.7).

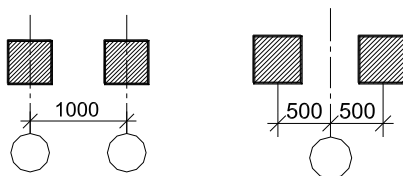


Рис. 21.7. Привязка колонн в местах устройства ТДШ

Привязка колонн серии 1.020-1.

Все колонны этой серии имеют осевую привязку: их геометрические оси совпадают с модульными координационными осями. Деформационные швы решены на парных колоннах со вставкой, величина которой определяется сечением колонн и толщиной стеновых панелей (рис. 21.8).

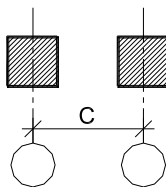


Рис. 21.8. Привязка колонн в местах устройства ТДШ

Глава 22. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ КАРКАС ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Железобетонный каркас одноэтажных зданий включает систему фундаментов, колонн, стропильных и подстропильных конструкций (если шаг колонн больше шага стропильных конструкций), подкрановых и обвязочных балок, а также связей жесткости. Поперечную раму каркаса образуют колонны, которые жестко связаны с фундаментом и шарнирно со стропильными конструкциями (балками или фермами), верхние пояса которых развязаны системой горизонтальных связей (в прогонных покрытиях) или сплошным плитным покрытием.

22.1. Фундаменты

По способу возведения фундаменты делят на монолитные и сборные.

Под колонны каркасного здания устраивают, как правило, столбчатые фундаменты с подколонниками стаканного типа, а стены опирают на фундаментные балки. Ленточные и сплошные фундаменты предусматривают редко, как правило, на слабых, просадочных грунтах и при больших ударных нагрузках на грунт технологического оборудования.

Унифицированные монолитные железобетонные фундаменты имеют ступенчатую форму с подколонником стаканного типа для заделки колонн (рис. 22.1).

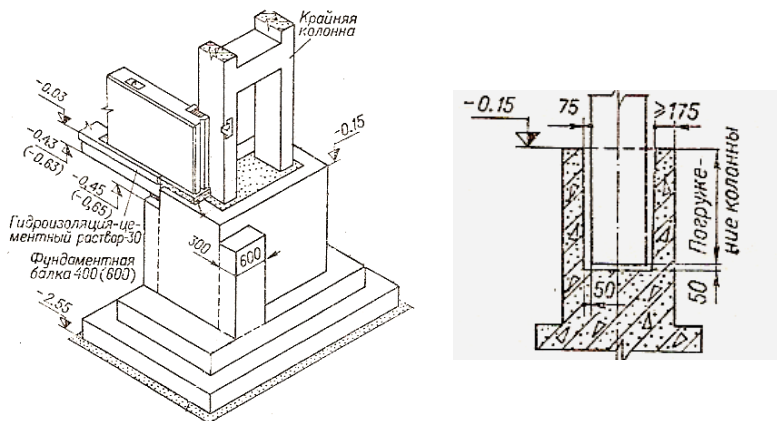


Рис. 22.1. Общий вид монолитного фундамента ступенчатой формы с подколонником стаканного типа под крайнюю колонну

Сборные фундаменты экономичнее монолитных, но на них больше расходуется стали. Более легкими и экономичными по расходу стали являются сборные фундаменты ребристой или пустотной конструкции.

При близком расположении уровня грунтовых вод (УГВ) и при слабых грунтах устраивают свайные фундаменты. Наиболее распространены железобетонные сваи круглого и квадратного сечений. По верху сваи связывают монолитным или сборным железобетонным ростверком, который служит одновременно подколонником.

Подколонник устанавливают на плиту по слою цементно-песчаного раствора. При действии на фундамент изгибающего момента соединение подколонника с плитой усиливают сваркой закладных элементов, а места сварки заделывают бетоном.

Ступени плиты всех фундаментов имеют единую унифицированную высоту 300 или 450 мм.

В верхней части подколонника устроен стакан для установки в него колонны. Дно стакана располагают на 50 мм ниже проектной отметки низа колонны для того, чтобы компенсировать подливкой раствора неточности в размерах и заложении фундаментов.

Колонны с фундаментом соединяют различными способами, в основном с помощью бетона. Для обеспечения жесткого закрепления колонны в стакане фундамента на боковых поверхностях железобетонной колонны устраивают горизонтальные бороздки. Зазор между гранями колонны и стенками стакана по верху составляет 75 мм, а по низу стакана – 50 мм.

Обрез фундамента под железобетонные колонны располагают на отметке $-0,15$ м, под стальные колонны – на отметках $-0,7$ или $-1,0$ м.

Фундаменты под смежные колонны в температурных швах делают общими, независимо от числа колонн в узле. Для каждой сборной железобетонной колонны в этом случае устраивают отдельный стакан (рис. 22.2).

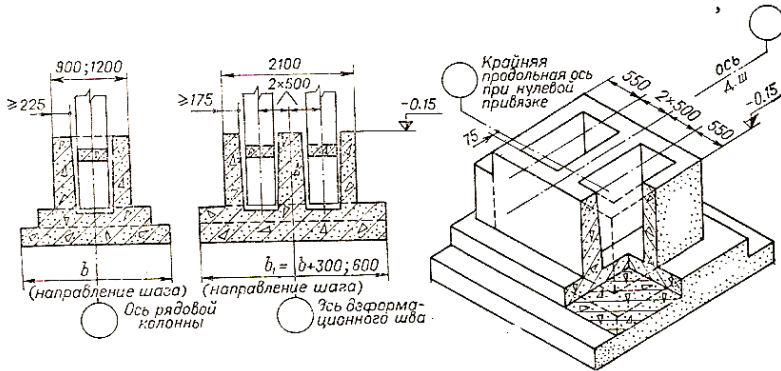


Рис. 22.2. Монолитные фундаменты железобетонных колонн в местах устройства деформационных швов

В фундаментах под стальные колонны подколонник делают сплошным (без стакана) с анкерными болтами (рис. 22.3).

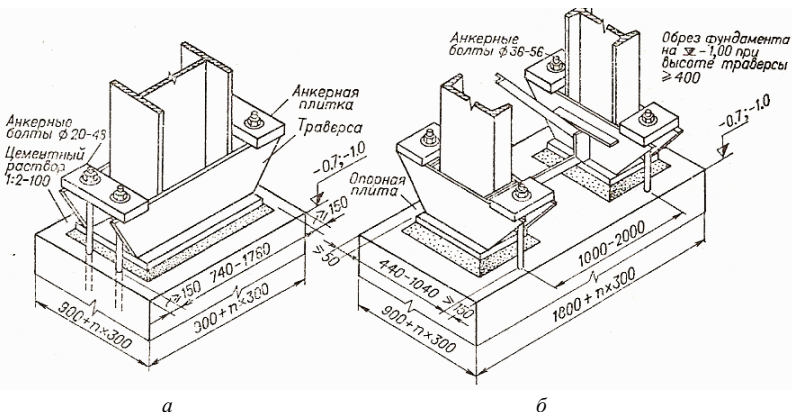


Рис. 22.3. Монолитные фундаменты под стальные колонны:
а – колонны постоянного сечения; б – колонны двухветвевые (сквозного сечения)

Стены каркасных зданий опирают на *фундаментные балки*, укладываемые между подколонниками фундаментов на бетонные столбики необходимой высоты, бетонированные на уступах фундаментов. Фундаментные балки имеют тавровое или трапециевидное поперечное сечение. Номинальная длина их составляет 6 и 12 м (рис. 22.4). Конструктивная длина фундаментных балок выбирается в зависимости от ширины подколонника и местоположения балок. Верхняя грань балок располагается на 30 мм ниже уровня чистого пола.

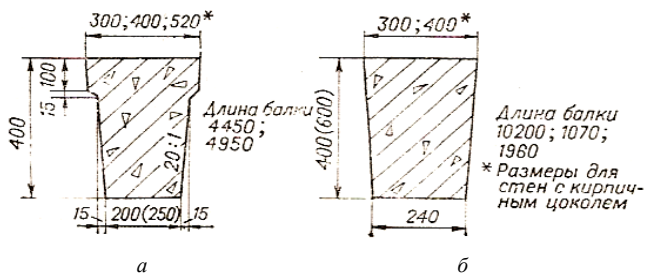


Рис. 22.4. Сечения фундаментных балок:
а – для шага колонн 6 м; б – для шага колонн 12 м

Фундаментные балки устанавливают на подливку из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм. Этим раствором заполняют зазоры между торцами балок и стенками подколонников. По балкам для гидроизоляции стен укладывают 1...2 слоя рулонного водонепроницаемого материала на мастике. Во избежание деформации балок вследствие пучения грунтов снизу и с боков балок предусматривают подсыпку из шлака, песка или кирпичного щебня (рис. 22.5).

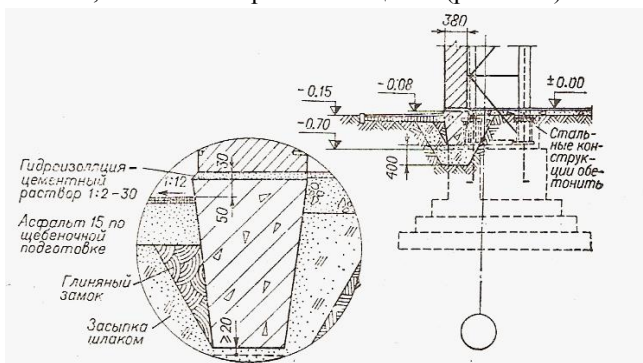


Рис. 22.5. Деталь цоколя одноэтажного промышленного здания

22.2. Железобетонные колонны

Колонны в системе каркаса воспринимают вертикальные и горизонтальные, постоянные и временные нагрузки. Для массового индустриального строительства разработаны типовые конструкции сборных железобетонных колонн для зданий с опорными мостовыми кранами и для бескрановых зданий.

Железобетонные колонны для зданий с мостовыми кранами имеют консоли для опирания подкрановых балок. Для бескрановых зданий применяют колонны без консолей.

По расположению в системе здания колонны делят на крайние (расположенные у наружных продольных стен), средние и торцевые (расположенные у наружных поперечных (торцевых) стен).

Для бескрановых зданий высотой от 3 до 14,4 м разработаны колонны постоянного сечения. Размеры сечения колонн зависят от нагрузки и длины колонн, их шага и расположения (в крайних или средних рядах) и могут быть квадратными (300×300, 400×400 мм) или прямоугольными (от 500×400 до 800×400 мм). В фундаменты их заглубляют на 750...850 мм (рис. 22.6).

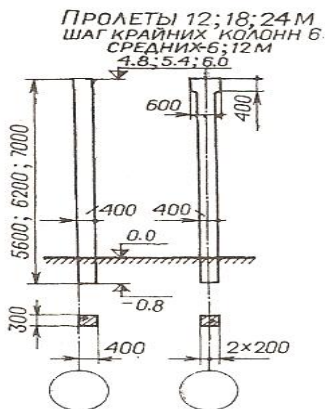


Рис. 22.6. Типы железобетонных колонн для бескрановых зданий

Для зданий с опорными мостовыми кранами легкого, среднего и тяжелого режимов работы и грузоподъемностью до 300 кН разработаны колонны переменного сечения высотой от 8,4 до 14,4 м, а для зда-

ний с кранами грузоподъемностью до 500 кН – двухветвевые колонны высотой от 10,8 до 18 м (рис. 22.7).

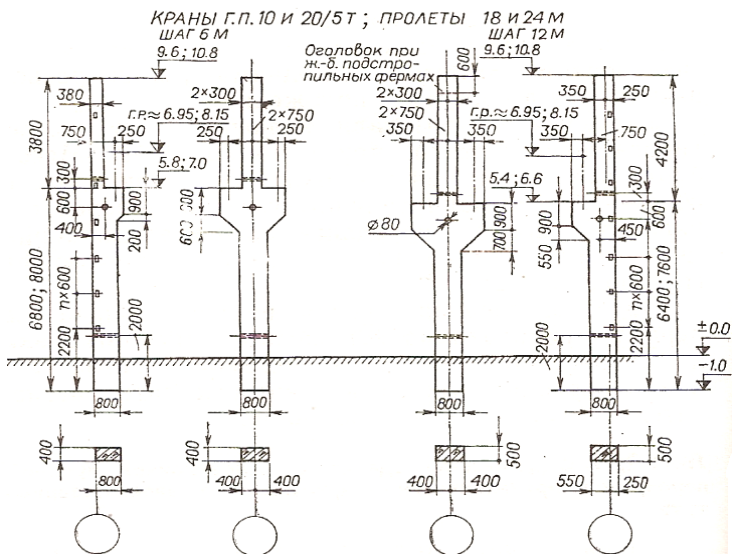


Рис. 22.7. Типы сплошных железобетонных колонн для зданий с мостовыми опорными кранами

Размеры колонн переменного сечения в подкрановой части составляют от 400×600 до 400×900 мм, в надкрановой – 400×280 и 400×600 мм. Колонны двухветвевые имеют размеры в подкрановой части 500×1400 и 500×1900 мм, а отдельных ветвей – 500×200 и 500×300 мм (рис. 22.8).

В зданиях с тремя и более кранами в пролете для безопасности персонала, обслуживающего краны и подкрановые пути, предусматривают сквозные проходные галереи вдоль подкрановых путей в уровне верха подкрановых балок размером 0,4×2,2 м (рис. 22.9).

В железобетонных колоннах имеются стальные закладные элементы для крепления стропильных конструкций, подкрановых балок, стеновых панелей (в крайних колоннах) и вертикальных связей (в связевых колоннах). В местах опирания стропильных конструкций и подкрановых балок через стальные листы пропущены анкерные болты.

В зданиях с подстропильными конструкциями длину колонн принимают на 600 мм меньше.

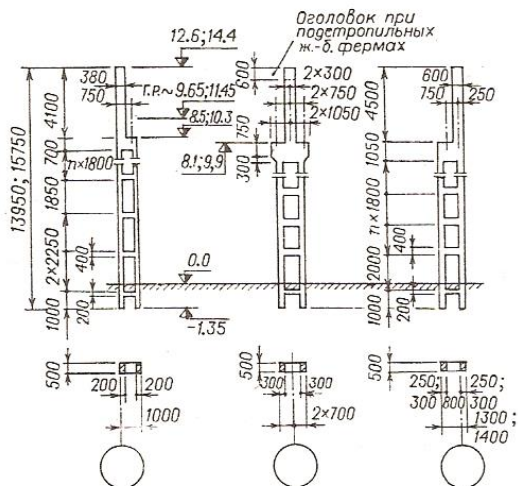


Рис. 22.8. Типы двухветвевых железобетонных колонн для зданий с мостовыми опорными кранами

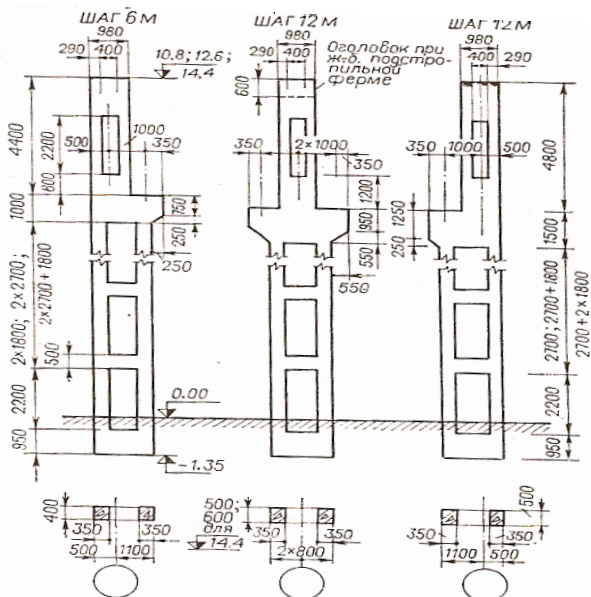


Рис. 22.9. Двухветвевые железобетонные колонны с проходами в уровне крановых путей

22.3. Колонны фахверков

Помимо основных колонн в зданиях предусматривают фахверковые колонны, устанавливаемые в торцах зданий и между основными колоннами крайних продольных рядов при шаге 12 м и длине стеновых панелей 6 м. Предназначены они для восприятия ветровых усилий и массы стен.

Фахверковые колонны шарнирно крепят к фундаменту сваркой закладных деталей колонны и опорного листа, установленного по верху фундамента строго по осям. Колонны фахверка крепят к конструкциям покрытия с помощью листового шарнира. Такое соединение обеспечивает передачу ветровых нагрузок на каркас здания и устраняет вертикальные воздействия покрытия на колонны фахверка (рис. 22.10).

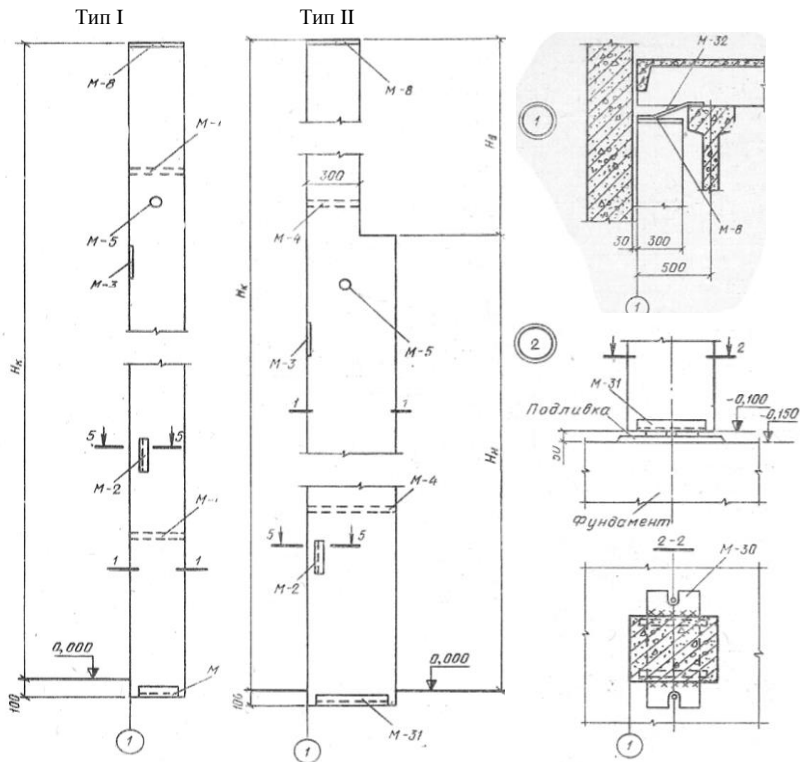


Рис. 22.10. Конструкции колонн фахверков

Унифицированные железобетонные колонны для торцевого фахверка двух типов (I и II) применяются в случаях, приведенных в табл. 22.1. В остальных случаях применяют стальные колонны фахверков.

Т а б л и ц а 22.1. Унифицированные железобетонные колонны для торцевого фахверка

| Высота H , м | Вид железобетонных несущих конструкций покрытия | |
|----------------|---|-------|
| | балки | фермы |
| 3...4,2 | I | – |
| 4,8...6 | | II |
| 7,2...9,6 | II | |

Колонны типа I имеют постоянное поперечное сечение по высоте ($h = 300$ мм), что позволяет размещать их верхнюю часть в зазоре между торцевой стеной и пристенной балкой покрытия и крепить их к верхнему поясу балки с помощью листового шарнира.

Колонны типа II имеют переменное сечение по высоте H_B и H_H . Верхняя часть колонны (H_B) имеет такое же сечение, как и колонны типа I ($h = 300$ мм), и крепится к верхнему поясу стропильной балки аналогично колоннам типа I.

22.4. Железобетонные подкрановые балки

Подкрановые балки с уложенными по ним рельсами образуют пути движения мостовых кранов и, прочно соединенные с колоннами, придают каркасу здания дополнительную пространственную жесткость.

Железобетонные подкрановые балки (рис. 22.11) имеют тавровое (при шаге колонн 6 м) и двутавровое (при шаге колонн 12 м) сечения с утолщением стенок на опорах. Развитая в ширину полка балок обеспечивает усиление сжатой зоны, воспринимает поперечные горизонтальные крановые нагрузки и упрощает крепление крановых рельсов. Размеры балок зависят от величины пролета и грузоподъемности крана.

Железобетонные подкрановые балки применяются в зданиях с опорными мостовыми кранами грузоподъемностью до 300 кН, с шагом основных колонн 6 и 12 м. По месту расположения в здании балки делят на торцевые, рядовые и у температурных швов.

Крепление подкрановых балок к консолям колонн осуществляется на анкерных болтах, пропущенных через опорный лист, приваренный к закладной пластине консоли. Верхний пояс балки крепят к колонне с помощью вертикального листа, приваренного к закладным деталям. Рельсы с подкрановыми балками соединяют стальными лапками, расположенными через 750 мм. Для снижения шума от кранов и уменьшения дина-

мических нагрузок на балки под рельсы укладывают упругие прокладки. Во избежание ударов мостовых кранов о колонны торцевого фахверка на концах подкрановых путей устраивают стальные упоры, снабженные амортизаторами – буферами из деревянного бруса (рис. 22.12).

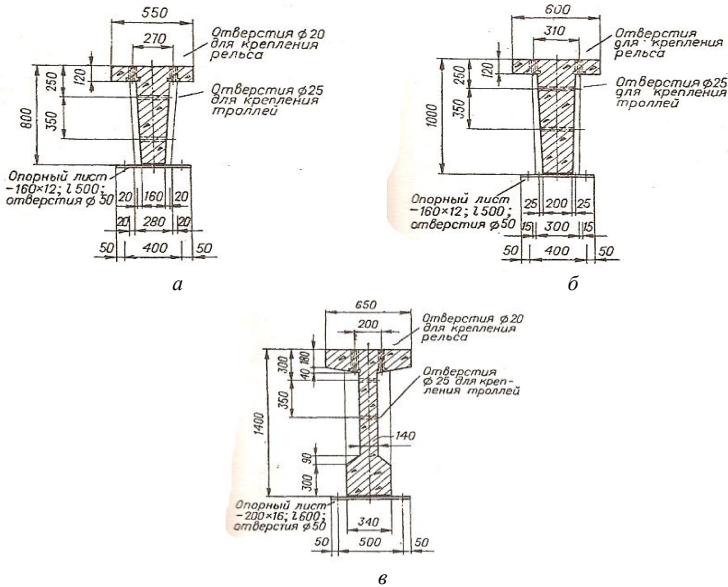


Рис. 22.11. Железобетонные подкрановые балки:

$a - Q = 100 \text{ кН}; L \leq 24 \text{ м}; a = 6 \text{ м}; H = 8,4 \text{ м}; б - Q \leq 300 \text{ кН}; L \leq 30 \text{ м}; a = 6 \text{ м}; H = 9,6 \dots 18 \text{ м}; в - Q \leq 300 \text{ кН}; L \leq 30 \text{ м}; a = 12 \text{ м}; H = 9,6 \dots 18 \text{ м}$

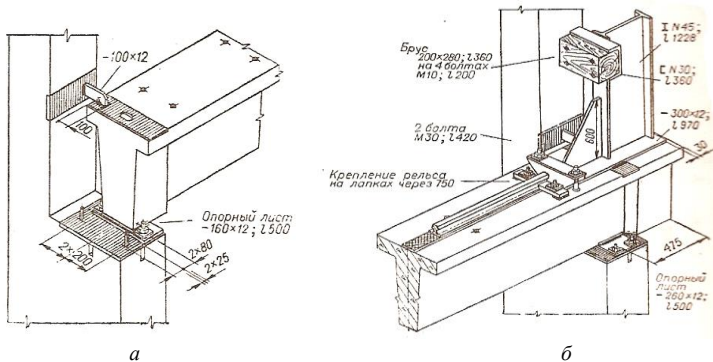


Рис. 22.12. Крепление подкрановых балок к колоннам:
 a – рядовая балка; $б$ – торцевая балка

Глава 23. СТАЛЬНОЙ КАРКАС ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Стальной каркас применяют для зданий с укрупненной сеткой колонн, с большими высотами, с кранами большой грузоподъемности или тяжелого режима работы.

Основным видом соединения стальных конструкций в каркасе является сварка. Соединения на заклепках применяются в случаях знакопеременных и динамических нагрузок, а также в подкрановых балках зданий с кранами тяжелого режима работы. Болтовые соединения применяются там, где сварка является трудоемким процессом. В соединениях на болтах используют высокопрочные, повышенной и нормальной точности болты.

23.1. Стальные колонны

Стальные колонны одноэтажных зданий имеют постоянное и переменное сечения по высоте. Кроме того, колонны делят на три типа сечений: сплошного, сквозного и смешанного. В смешанном типе колонн надкрановая часть имеет сплошное сечение (в виде одного профиля), а подкрановая – сквозное (в виде двух профилей, соединенных решеткой).

В зданиях бескрановых и с кранами грузоподъемностью до 200 кН высотой до 8,4 м применяют стальные унифицированные колонны постоянного сечения из сварных двутавров с высотой стенки 400 и 630 мм (рис. 23.1). В бескрановых зданиях высотой $H = 9,6 \dots 18$ м используют колонны двухветвевые (рис. 23.2).

В зданиях высотой 10,8...18,0 м, оборудованных кранами грузоподъемностью до 500 кН, используют унифицированные двухветвевые колонны ступенчатого очертания, состоящие из двух частей: подкрановой (решетчатой) и надкрановой (из сварного двутавра).

Для зданий, имеющих высоту более 18 м и оборудованных кранами грузоподъемностью 750 кН и более, стальные колонны проектируют индивидуально.

Двухветвевые колонны по типам сечения ветвей проектируют в трех вариантах:

- 1) при ширине сечения до 400 мм – наружная и подкрановая ветви из прокатных швеллера и двутавра соответственно;
- 2) при ширине сечения 400...600 мм – наружная ветвь из гнутого швеллера, подкрановая – из прокатного двутавра;
- 3) при ширине сечения более 600 мм – наружная ветвь из гнутого швеллера, подкрановая – из сварного двутавра.

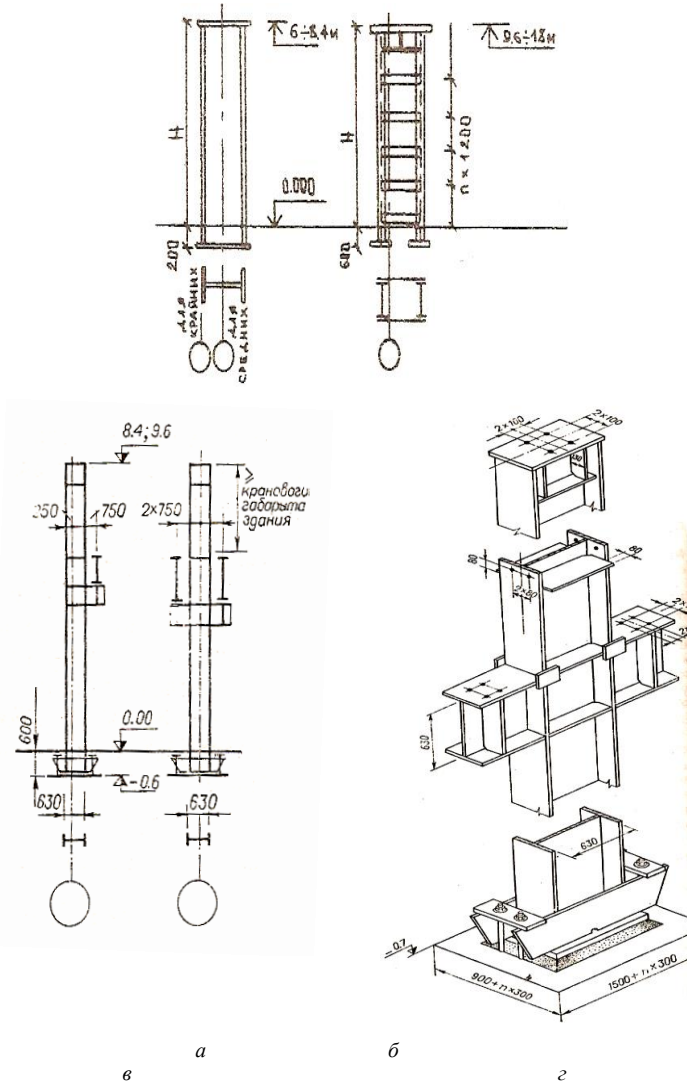


Рис. 23.1. Стальные колонны постоянного сечения:
 а – для бескрановых зданий высотой до 8,4 м; б – для бескрановых зданий высотой 9,6...18 м;
 в – для зданий с опорными мостовыми кранами грузоподъемностью до 200 кН;
 з – средняя колонна постоянного сечения из сварных двутавров для зданий с мостовыми опорными кранами

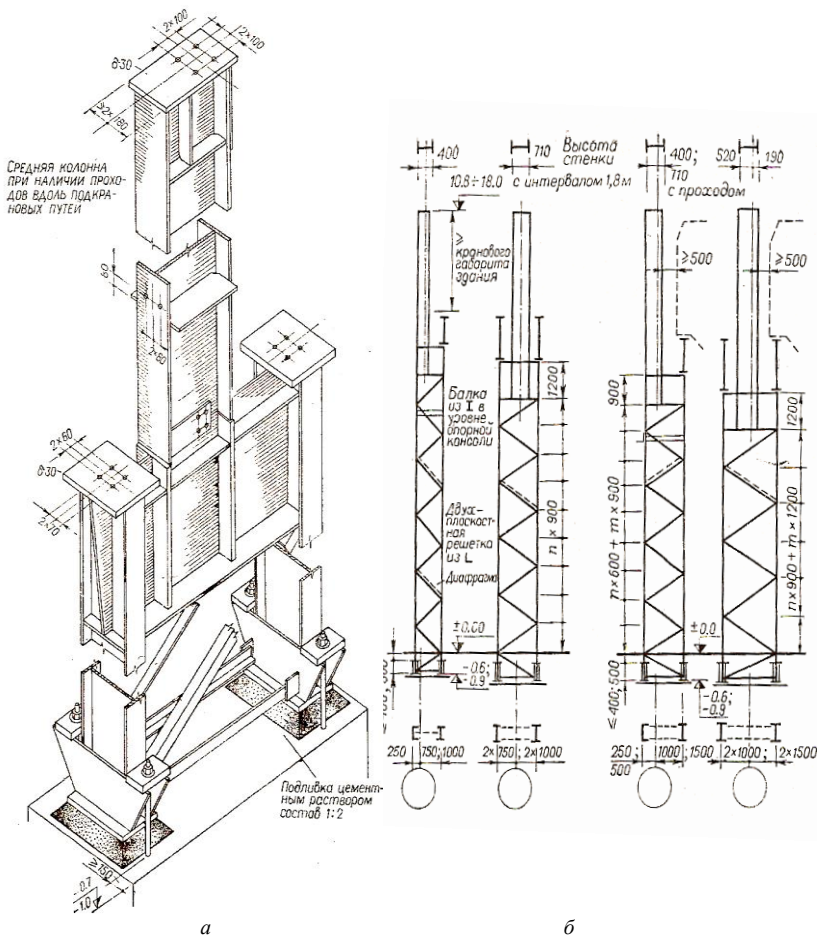


Рис. 23.2. Стальные двухветвевые колонны:
 а – средняя колонна с проходом вдоль подкранового пути;
 б – типы колонн для зданий с мостовыми опорными кранами грузоподъемностью 100...500 кН

Надкрановая часть колонны проектируется из сварного двутавра с высотой стенки 400 мм в крайних и 710 мм в средних колоннах.

Для соединения ветвей сквозных колонн применяют решетки различного очертания: треугольные, раскосные, крестовые и полукрестовые. Решетку устраивают двухплоскостной, из прокатных уголков.

Для восприятия действующих в горизонтальной плоскости моментов решетка усиливается диафрагмами, расположенными через четыре раскоса по высоте.

Решетчатая часть колонны завершается одноплоскостной траверсой, соединяющей ее ветви с надкрановой частью, которая выполняется из сварного двутавра.

Сплошные колонны применяют при центральном сжатии или при малых эксцентриситетах продольной силы. Чаще используют колонны сквозного сечения, требующие меньшего расхода металла, хотя они и более трудоемки в изготовлении.

В зданиях с кранами тяжелого режима работы и при их двухъярусном расположении, а также при пролетах, со стороны которых предусматривают расширение цеха, целесообразно применять отдельные колонны, позволяющие усилить подкрановую ветвь (например, при увеличении грузоподъемности крана), не нарушая конструкции покрытия (рис. 23.3).

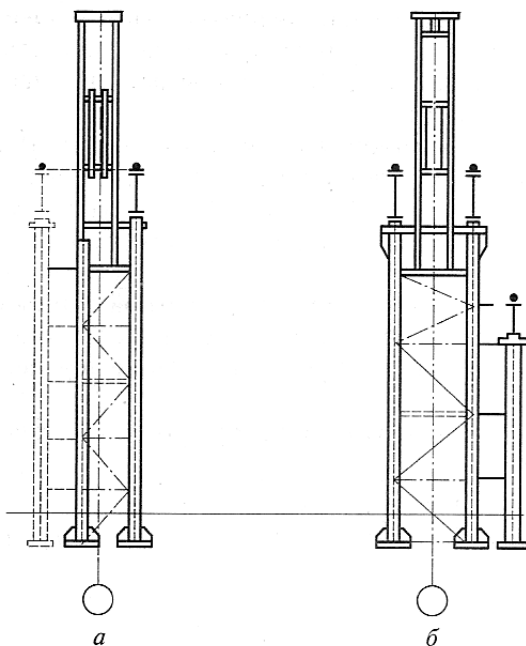


Рис. 23.3. Раздельные колонны:

a – при расширении здания; *б* – при низкорасположенных тяжелых кранах

Глава 24. БАЗЫ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН

В нижней части стальных колонн предусматривают стальные базы (башмаки) для увеличения площади опирания колонны и сопряжения ее с фундаментом. Конструкция базы определяется типом колонн (сплошные, сквозные или раздельные), величиной и характером нагрузки (центрально-нагруженная, внецентренно-нагруженная), а также способом опирания колонн (шарнирное, жесткое).

Базы центрально-сжатых колонн рекомендуется устраивать из одной плиты (рис. 24.1) или из плиты, усиленной ребрами жесткости.

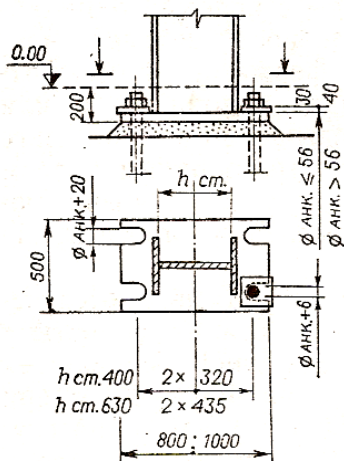


Рис. 24.1. База центрально-сжатой колонны из одной плиты

Для увеличения ширины стержня колонны и усиления плиты базы устанавливают поперечные траверсы из листов (рис. 24.2). Траверсы воспринимают нагрузку от стержня колонны и передают ее на опорную плиту.

Базы внецентренно-сжатых колонн при небольших изгибающих моментах делают такими же, как и базы центрально-сжатых колонн.

При малых расстояниях между ветвями и необходимости увеличения плеча анкерных болтов в сквозных колоннах допускается применять общую базу на обе ветви. В большинстве случаев для внецентренно-сжатых сквозных колонн устраивают раздельные базы (под каждую ветвь отдельную базу по типу баз центрально-сжатых колонн) (рис. 24.3).

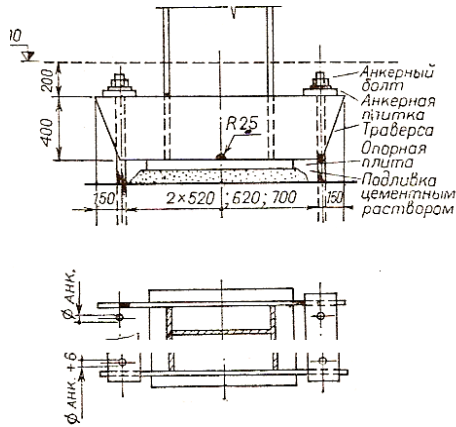


Рис. 24.2. База центрально-сжатой колонны с траверсами

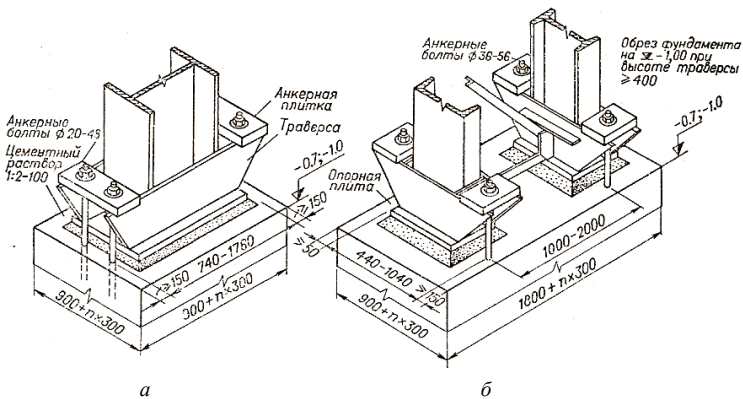


Рис. 24.3. Базы стальных колонн:

а – под центрально-сжатую колонну сплошного сечения;
б – под внецентренно-сжатую двухветвевую колонну

Стальные колонны опирают на железобетонные фундаменты через слой цементно-песчаной стяжки. Базы колонн крепят к фундаментам анкерными болтами, закладываемыми в фундаменты при их изготовлении.

Для защиты от коррозии подпольную часть колонн вместе с базой покрывают слоем бетона. Стены, как и в железобетонном каркасе, опирают на фундаментные балки, уложенные на уступы фундаментов.

Глава 25. СТАЛЬНЫЕ СТОЙКИ ФАХВЕРКА

Фахверк располагают в плоскости продольных и торцевых стен для восприятия массы стен, ветровых нагрузок и передачи их на основной каркас здания. Устраивают фахверк при шаге колонн 12 м и длине панелей 6 м; при высоте пролетов свыше 30 м и в кирпичных зданиях с кранами тяжелого режима работы.

Фахверк состоит из стоек (колонн) и ригелей. Их количество и местоположение определяются шагом колонн, высотой здания, конструкцией стен, характером и величиной нагрузок. Изготавливают их из прокатных и составных профилей.

Унифицированные стальные стойки применяются в торцевых и продольных фахверках одноэтажных промышленных зданий высотой до 18 м как с мостовыми кранами, так и без них.

Стойки устанавливают с шагом 6 м. По конструктивному решению колонны фахверка делят на три типа: постоянного сечения по высоте, составные (основной ствол и шарнирно соединенный с ним оголовок) и ступенчатые (с изменением поперечного сечения в уровне низа конструкции покрытия). Поперечное сечение колонн может быть двутавровым или коробчатым, выполненным из прямоугольных труб или из горячекатаных или холодногнутых швеллеров.

К конструкциям каркаса бескрановых зданий стойки фахверка крепятся в уровне покрытия, а в зданиях с мостовыми кранами – еще и к тормозным конструкциям подкрановых балок и переходным площадкам (рис. 25.1).

К покрытию и связям фахверковые колонны крепят с помощью листовых шарниров (изогнутых стальных пластин). Такое крепление фахверковых колонн обеспечивает передачу ветровых воздействий на основной каркас и исключает вертикальное воздействие покрытия на стойки фахверка.

В торцах зданий предусматривают приколонные стойки фахверка у колонн основного каркаса. Крепления стоек к основным колоннам по высоте осуществляют с шагом не более 4,8 м.

На фундамент стойки фахверка опираются шарнирно (рис. 25.2).

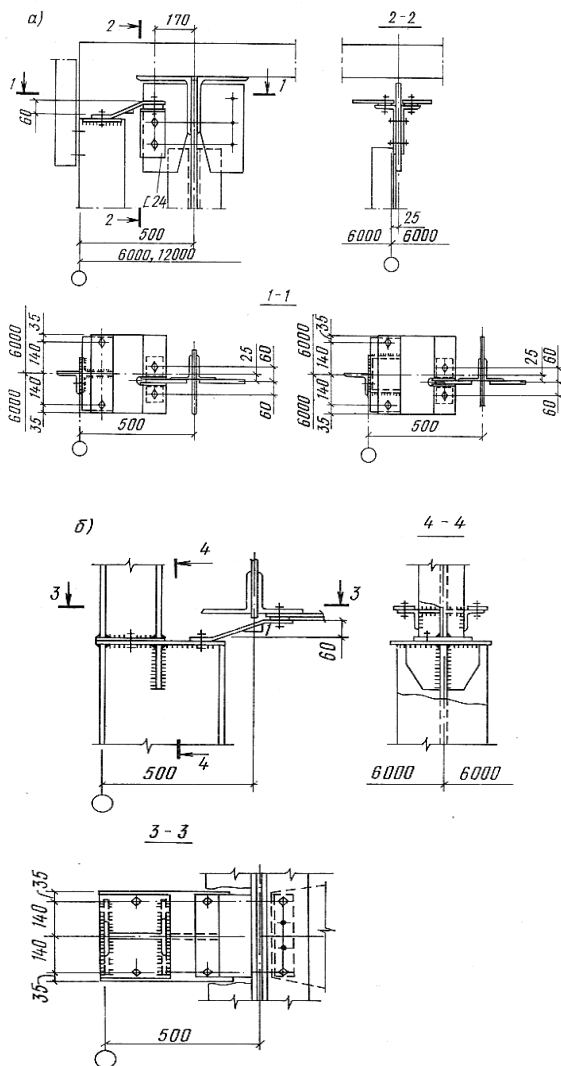


Рис. 25.1. Узлы крепления стоек фахверка к покрытию:
 а – к верхнему поясу фермы;
 б – к нижнему поясу фермы

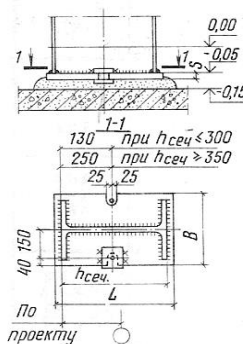


Рис. 25.2. Узел крепления стойки фахверка к фундаменту

Глава 26. СТАЛЬНЫЕ ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ

Стальные подкрановые балки проектируют разрезными и неразрезными. Первые имеют постоянное сечение и стыкуются на опорах, а вторые стыкуются в четвертях пролета и могут иметь различные сечения.

Унифицированные типовые балки разрезного типа применяют для зданий с пролетами от 18 до 36 м с кранами обычного и тяжелого режимов работы и грузоподъемностью от 50 до 3200 кН при шаге колонн 6, 12, 18 и 24 м.

Балки пролетом 6 и 12 м применяют как в стальных, так и в железобетонных каркасах, а пролетом 18 и 24 м – только в стальных.

По типу сечения балки могут быть сплошными и сквозными (решетчатыми). Сплошные балки применяют при шаге 6 м и небольшой грузоподъемности кранов. Сквозные подкрановые балки в виде шпренгельных систем применяют в зданиях с шагом 12 м и более, а также с кранами большой грузоподъемности (750 кН и более).

Стальная подкрановая балка сплошного сечения представляет собой сварной или прокатный двутавр, имеющий пояса одинаковой ширины или более широкий верхний пояс. Двутавры с одинаковыми по ширине поясами в плоскости верхнего пояса, усиленные тормозными балками или фермами, применяют в основном в зданиях, имеющих мостовые краны грузоподъемностью 500 кН и более и шаг колонн 12 м. В зданиях с кранами грузоподъемностью до 500 кН и шаге колонн 6 м используют балки с развитым верхним поясом, способным воспринимать тормозные усилия от работы кранов.

Размеры сечений стальных подкрановых балок назначают на основе расчета. Унифицированные балки имеют высоту на опоре 0,8 м при

шаге колонн 6 м и грузоподъемности крана до 200 кН и 1,3 м при грузоподъемности крана 300 кН и более. Для шага колонн 12 м балки имеют высоту 1,6 м.

Для обеспечения устойчивости стенки балки усиливают поперечными двусторонними ребрами жесткости через 1,5 м, а в балках пролетом 18 и 24 м – еще и горизонтальным продольным ребром.

Элементы сечения балок соединяют сваркой. При большой грузоподъемности кранов или при тяжелом режиме их работы балки выполняют клепаными.

На колонны подкрановые балки опирают через выступающие торцевые ребра и крепят с помощью анкерных болтов и планок. Между собой балки соединяют болтами через торцевые ребра (рис. 26.1, 26.2).

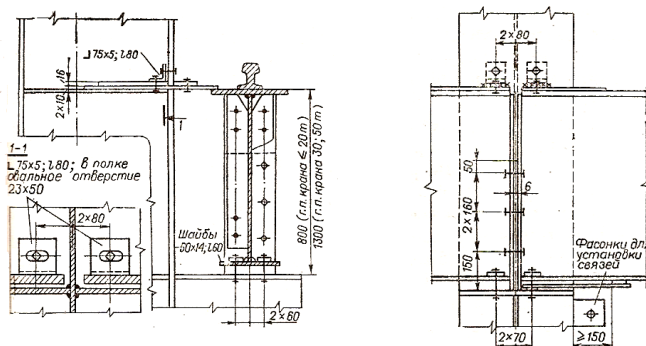


Рис. 26.1. Крепление стальных подкрановых балок

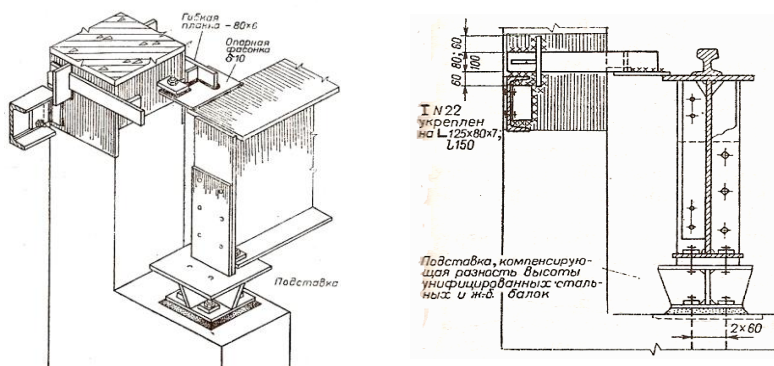


Рис. 26.2. Крепление стальных подкрановых балок к железобетонным колоннам

Глава 27. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Каркас одноэтажных зданий состоит из поперечных рам, шарнирно связанных по верху стропильными конструкциями. Поперечная жесткость здания обеспечивается колоннами, жестко защемленными в фундаменте, и диском покрытия.

В зданиях с кровлей, устраиваемой по сплошному настилу из крупноразмерных железобетонных плит, условия работы отдельных рам облегчаются за счет частичной передачи нагрузок «жесткой» кровлей на смежные рамы.

Здания с кровлей из плит, укладываемых по прогонам, находятся в менее благоприятных условиях, так как независимость деформации отдельных рам при воздействии на них местных нагрузок может привести в ряде случаев к ухудшению эксплуатационных свойств здания.

Поэтому при проектировании зданий с мостовыми кранами значительной грузоподъемности, а также бескрановых, имеющих большую высоту, следует предусматривать продольные связи по верхним поясам стропильных конструкций, до некоторой степени объединяющих работу рам в поперечном направлении.

Обеспечение жесткости здания в продольном направлении только за счет колонн экономически оправдывается лишь для бескрановых зданий: с пролетами $L \leq 24$ м и высотами $H \leq 8,4$ м, а также для зданий с $L = 30$ м и $H \leq 7,2$ м. Для зданий большой высоты и зданий с мостовыми кранами необходимо предусматривать вертикальные связи жесткости в продольном направлении. Такие связи устраивают между колоннами и при необходимости в покрытии здания.

Передача ветровых нагрузок с торцевых стен на колонны и вертикальные связи через конструкции кровли целесообразна только для зданий определенных пролетов и высоты. В большепролетных зданиях более или менее значительной высоты такое использование кровли затрудняет крепление стропильных конструкций к колоннам, усложняет конструкции, обеспечивающие устойчивость покрытий, а в ряде случаев и вообще не может быть осуществлено без нарушения целостности кровли, прочности креплений ее к стропильным конструкциям.

Торцевые стены таких зданий должны проектироваться с применением горизонтальных ветровых ферм и с передачей на них подавляющей части ветровой нагрузки.

Кровли из относительно мелких изделий, укладываемых по прогонам, могут воспринимать ветровые нагрузки от торцевых стен и передавать их на колонны лишь при условии развязки их системой поперечных горизонтальных связей по верхним поясам стропильных конструкций. Условия применения таких, а также других второстепенных конструкций (вертикальные связи между фермами, распорки, растяжки) зависят от параметров здания.

Все одноэтажные промышленные здания делят на конструктивно однородные группы в зависимости от типа транспортного оборудования и габаритных характеристик (пролет и высота), которые приведены в табл. 27.1.

Т а б л и ц а 27.1. Конструктивно однородные группы одноэтажных промышленных зданий

| Группа зданий по высоте | Здания с беспрогонными кровлями | | Здания с кровлей по прогонам | |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| | С мостовыми кранами | Без мостовых кранов | С мостовыми кранами | Без мостовых кранов |
| Низкие | A – a – I | A – б – I | Б – a – I | Б – б – I |
| Средние | A – a – II | A – б – II | Б – a – II | Б – б – II |
| Высокие | A – a – III | A – б – III | Б – a – III | Б – б – III |

К группе I относятся здания с пролетами до 24 м, имеющие высоту до 8 м, а также здания с пролетами 30 м и высотой до 7 м.

К группе II относятся здания, имеющие поперечные температурные швы: при $L = 18$ м и $H = 9 \dots 15$ м; $L = 24$ м и $H = 9 \dots 12$ м; $L \geq 30$ м и $H = 9 \dots 10$ м.

К группе III относятся здания с поперечными температурными швами, но более высокие, чем здания группы II, а также здания без поперечных температурных швов с пролетами $L = 18, 24$ и 30 м, высотой более 12 м.

Все здания указанной номенклатуры, за исключением зданий группы A – б – I, требуют применения связей.

Вертикальные связи жесткости между колоннами устанавливают в середине температурного блока каждого продольного ряда. В зданиях с мостовыми кранами вертикальные связи по колоннам устраиваются только на высоту до низа подкрановых балок, а в зданиях без мостовых кранов – на полную высоту колонн. Между стальными колоннами крановых зданий связи устанавливают еще и в надкрановых частях колонн, как в середине температурного блока, так и в крайних его шагах. При высоте подкрановой части стальной колонны, превышающей 8,5 м, связи сдваивают.

По схеме стальные связи между колоннами подразделяются на крестовые и порталные (рис. 27.1). Крестовые характерны для 6-метровых шагов колонн, порталные – 12-метровых (рис. 27.2).

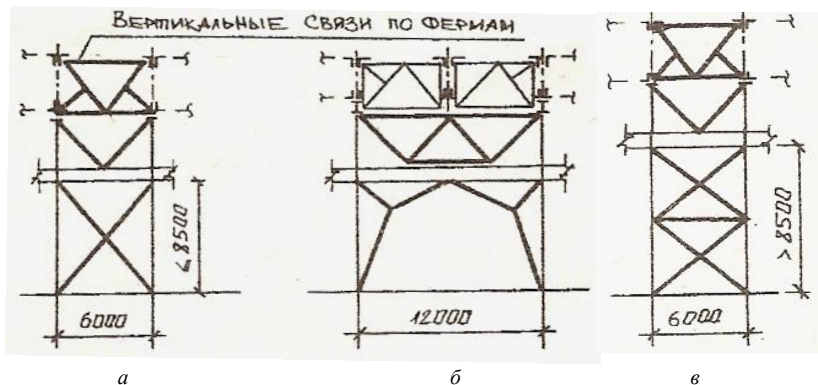


Рис. 27.1. Вертикальные связи по стальным колоннам:
а – крестовые связи; *б* – порталные связи; *в* – крестовые сдвоенные связи

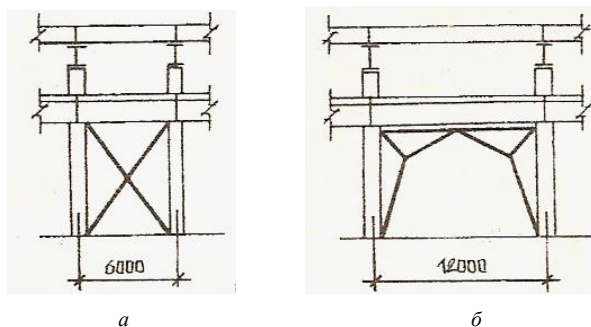


Рис. 27.2. Вертикальные связи по железобетонным колоннам:
а – крестовые связи при шаге колонн 6 м;
б – порталные связи при шаге колонн 12 м

Капитальные стены, расположенные в распор между колоннами и прочно связанные с ними, могут быть использованы для обеспечения продольной жесткости здания вместо вертикальных связей лишь при гарантии, что эти стены не будут подлежать разборке при эксплуатации или реконструкции здания.

Во всех зданиях с кровлей по прогонам необходимо предусматривать горизонтальные поперечные связи жесткости, которые устанавливаются по верхним поясам стропильных конструкций в крайних панелях каждого температурного блока, независимо от наличия или отсутствия ветровых ферм.

В высоких зданиях требуется устройство горизонтальных ветровых ферм в торцах зданий. В зданиях с мостовыми кранами ветровые фермы устанавливаются на уровне верха подкрановых балок.

Для передачи давления ветровых ферм по линии подкрановых балок зазоры между торцами балок заполняют бетоном, а крепление подкрановых балок к колоннам связевой панели рассчитывается на восприятие всех горизонтальных сил (включая силы от продольного торможения кранов), действующих по линии подкрановых балок.

В зданиях без мостовых кранов ветровые фермы необходимо располагать в уровне верха вертикальных связей.

Во всех случаях применения ветровых ферм в зданиях без подстропильных конструкций между колоннами на уровне ветровых ферм должны быть поставлены распорки для передачи ветрового давления от ферм на вертикальные связи.

В зданиях с подстропильными конструкциями крепление их к колоннам рассчитывается на горизонтальные нагрузки от ветровых ферм. Зазоры между торцами подстропильных конструкций рекомендуется заполнять бетоном.

Все продольные нагрузки, воспринимаемые отдельными элементами здания, в конечном счете должны быть переданы вертикальным связям в продольных рядах колонн или распределены между колоннами. Необходимость во второстепенных устройствах для обеспечения прочности узлов и устойчивости элементов покрытия, участвующих в такой передаче, в значительной мере определяется типом кровли.

В зданиях типов А – а – I, II, III и А – б – I с жесткими беспрогонными кровлями ветровые нагрузки распределяются покрытием между всеми колоннами в продольных рядах. Крепление каждой из стропильных конструкций к колоннам в этих случаях должно быть рассчитано на воспринимаемую ею часть общей ветровой нагрузки.

При невозможности обеспечить необходимую прочность крепления стропильных конструкций к колоннам (например, в покрытиях, имеющих стропильные конструкции с большой высотой на опорах) устанавливают вертикальные связи между опорными стойками стропильных конструкций в крайних панелях температурного блока. При этом устанавливают и распорки между всеми колоннами ряда по их оголов-

кам для распределения воспринимаемого вертикальной связью ветрового давления между всеми колоннами ряда.

В зданиях типа А – б – II, в которых вертикальные связи между колоннами устраиваются на всю высоту колонн, ветровые усилия передаются покрытием на колонны лишь в узлах крепления стропильных конструкций к колоннам связевой панели. В этом случае необходимо устраивать дополнительные связи в покрытии. Так, при небольшой высоте стропильных конструкций на опоре между колоннами каждого продольного ряда устанавливают распорки, передающие ветровые нагрузки на вертикальные связи. Крепление каждой из стропильных конструкций к колоннам будет при этом работать лишь на приходящую на него часть общей ветровой нагрузки. А при значительной высоте стропильных конструкций на опоре (стальные и железобетонные фермы с параллельными поясами, железобетонные безраскосные фермы и т. п.) следует устанавливать вертикальные связи (С1) между опорными стойками ферм в крайних шагах температурного блока, соединяемые непрерывной цепью распорок. Стальные стропильные фермы дополнительно развязываются по нижним поясам раскосами (С2) и крепятся к остальным фермам с помощью растяжек по нижнему поясу (С3) и распорок по верхнему поясу (С4) (рис. 27.3).

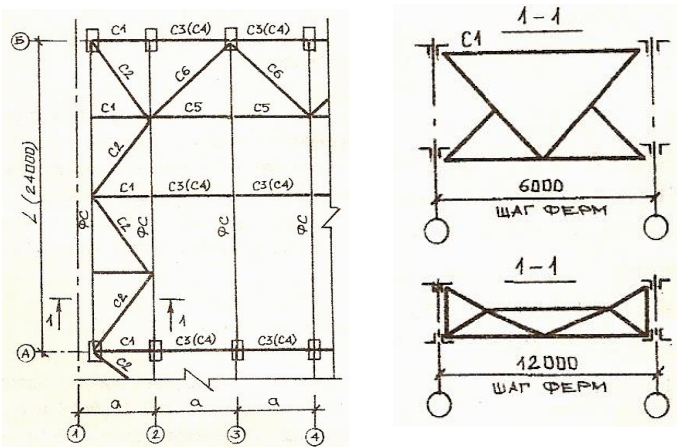


Рис. 27.3. Схема связей в покрытии по стальным фермам

В зданиях с мостовыми кранами тяжелого или особо тяжелого режимов работы по продольным краям каждого температурного блока в

уровне нижнего пояса стропильных ферм устанавливают распорки (С5) и раскосы (С6).

В зданиях с фонарями в пределах фонаря устанавливаются распорки в середине пролета, соединяющие узлы верхних поясов стропильных конструкций, а также вертикальные и горизонтальные связи в крайних шагах температурного блока.

Связи проектируют из прокатных, гнутых, гнutosварных профилей или электросварных труб. Крепят их с помощью болтов нормальной точности или высокопрочных, а также на сварке.

Глава 28. ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

28.1. Виды покрытий и требования к ним

Покрытие промышленного здания определяет долговечность, характер внутреннего пространства и внешний облик здания. На него приходится от 20 до 50 % от общей стоимости одноэтажного здания.

По теплотехническим качествам покрытия делят на утепленные и неутепленные (холодные). Их выбирают с учетом требований условий микроклимата помещений, климатических особенностей района строительства и способа удаления снега с кровли здания.

Утепленные покрытия устраивают над отапливаемыми помещениями. Толщину утеплителя назначают с расчетом, чтобы исключить образование конденсата на внутренней поверхности покрытия. Ендовы часто делают менее утепленными, нежели основное покрытие, что способствует их большему прогреву и исключает скопление снега и образование наледей.

Неутепленные покрытия устраивают в неотапливаемых зданиях и с избыточными выделениями тепла.

По конструктивным схемам покрытия классифицируют на плоскостные и пространственные. В первых несущие и ограждающие конструкции работают в основном независимо друг от друга. Во вторых функции несущих и ограждающих конструкций совмещаются. Пространственные покрытия, имея криволинейные поверхности рациональной геометрической формы, обладают высокой жесткостью, позволяют снизить расход материала и целесообразны в зданиях с пролетами, превышающими 30 м.

Покрытия должны иметь хорошую гидроизоляцию, теплозащиту, быть прочными, долговечными и надежными в эксплуатации, обладать необходимыми огнестойкостью и пожарной безопасностью, быть ин-

дустриальными, иметь простые и надежные узловые сопряжения конструктивных элементов.

28.2. Конструкции покрытий

Покрытия промышленных зданий, как правило, устраивают бесчердачными. Состоят они из несущих и ограждающих конструкций.

Несущими стропильными конструкциями являются фермы, балки, арки и рамы. Они поддерживают ограждающую часть, придавая ей соответствующий материалу кровли необходимый уклон.

Ограждение включает настил (железобетонные плиты, асбестоцементные или металлические листы и т. п.), пароизоляцию, утеплитель, выравнивающую стяжку и гидроизоляцию.

В неутепленных (холодных) покрытиях отсутствуют пароизоляция и утеплитель.

В одноэтажных промышленных зданиях наиболее распространены покрытия из крупноразмерных плит, укладываемых по верхним поясам стропильных конструкций. При использовании настилов из мелкогабаритных элементов последние опирают на прогоны, укладываемые на стропильные конструкции.

28.3. Несущие конструкции покрытий

Несущие конструкции покрытий изготавливают из железобетона, металла, дерева и комбинированными (из перечисленных выше материалов, например, металлодеревянные фермы и т. п.).

Металлические покрытия являются прочными и легкими конструкциями. Они просты в изготовлении и монтаже, являются высокооборотными конструкциями. Покрытия, выполненные из железобетона, отличаются огнестойкостью и долговечностью.

28.4. Железобетонные стропильные балки и фермы

Железобетонные балки применяются в односкатных, многоскатных и малоуклонных, а также плоских ($i = 1:20$) покрытиях одноэтажных промышленных зданий с пролетами (L) от 6 до 18 м.

Балки односкатных, плоских и малоуклонных покрытий имеют прямолинейный верхний пояс (рис. 28.1, *а, б, в*), а в двускатных балках верхний пояс имеет ломаное очертание с уклоном $i = 1:12$.

Конструкция балок допускает крепление к ним подвесных кранов грузоподъемностью до 50 кН.

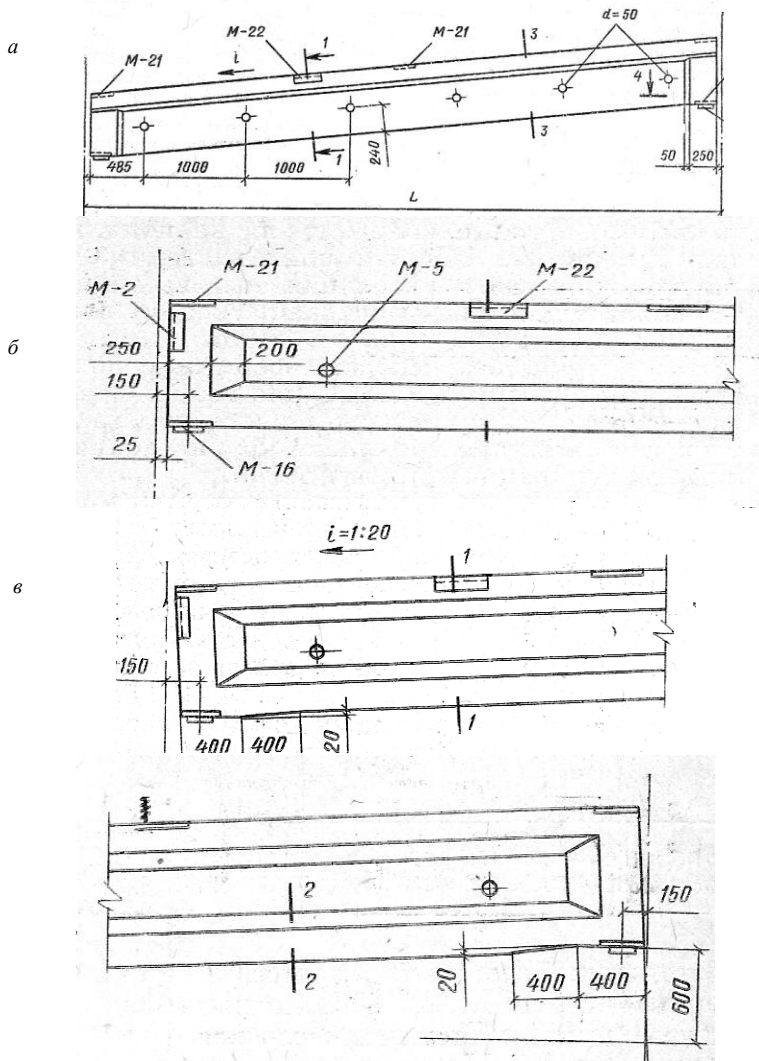


Рис. 28.1. Железобетонные балки пролетом 6, 9 и 12 м:
 а – для односкатных покрытий ($L = 6, 9$ м);
 б – для плоских покрытий ($L = 12$ м);
 в – для малоуклонных покрытий ($L = 12$ м)

Для пролетов 6 и 9 м балки имеют тавровое сечение с высотой на опоре 590 и 890 мм (рис. 28.2, а).

Балки пролетами 12 и 18 м (рис. 28.2, б) изготовляют двутаврового или прямоугольного сечений с высотой на опоре 890, 1190 и 1490 мм. Балки двутаврового сечения с толщиной стенки 80 мм усилены на опорах массивными вертикальными ребрами. Для снижения массы в балках прямоугольного сечения устраивают отверстия. Такие балки в опорных частях просты в изготовлении и облегчают разводку верхних коммуникаций, но имеют большую массу, нежели балки таврового или двутаврового сечений.

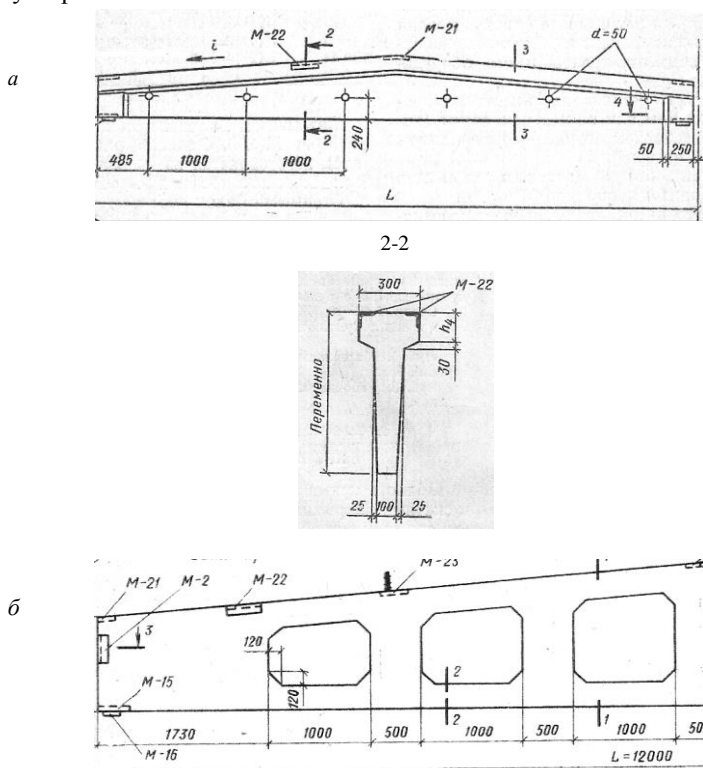


Рис. 28.2. Двускатные железобетонные балки:
 а – сплошного сечения для $L = 6$ и 9 м;
 б – решетчатая для $L = 12$ и 18 м

На верхнем поясе железобетонных балок предусматривают закладные элементы (М) для крепления прогонов или плит покрытия, на нижнем поясе и стенке – для крепления подвесных путей, а в торцах – стальные листы с вырезами для крепления балок к колоннам (рис. 28.3).

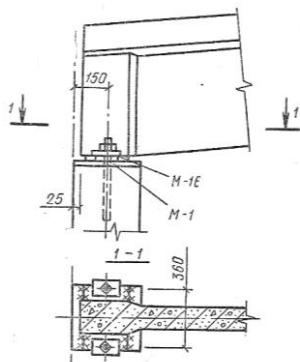


Рис. 28.3. Опираие железобетонной балки на колонну

Железобетонные фермы применяют для перекрытия пролетов длиной 18, 24 и редко 30 м. По очертанию поясов они бывают сегментными, арочными безраскосными и раскосными, с параллельными поясами и полигональными (рис. 28.4).

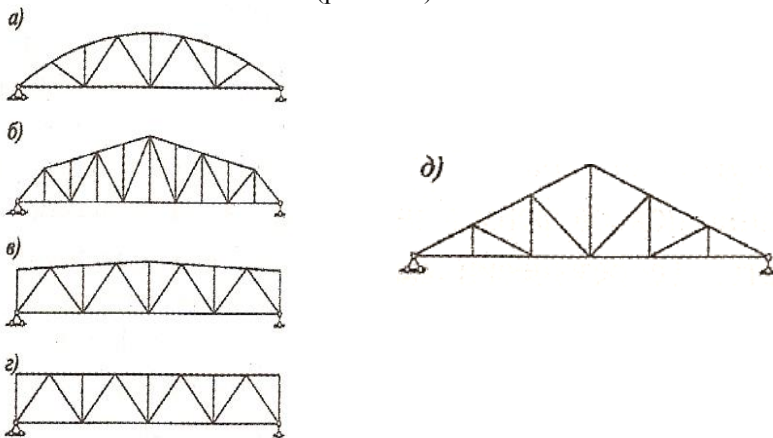


Рис. 28.4. Очертания поясов ферм: а – сегментное; б – полигональное; в – трапецидальное; г – с параллельными поясами; д – треугольное

Треугольные фермы применяют в основном для кровель из асбестоцементных и металлических листов, а с параллельными поясами — для плоских покрытий под рулонную кровлю.

Для придания кровле небольших уклонов используют сегментные и арочные фермы со столбиками для опирания на них панелей покрытия. Такие «рожковые» фермы для малоуклонных покрытий приведены на рис. 28.5, 28.6.

Наиболее рациональны по распределению материала сегментные и арочные фермы, имеющие ломаный или криволинейный верхний пояс. По сравнению с фермами других очертаний в элементах решетки этих ферм усилия меньше, что позволяет делать решетку более редкой. Фермы с параллельными поясами и полигональные имеют простую конфигурацию и хороши тем, что взаимозаменяемы со стальными фермами. Однако к их недостаткам следует отнести сравнительно мощную решетку и большую высоту, что приводит к перерасходу материала на стены и увеличению малополезного объема здания, кроме того, они требуют дополнительных вертикальных и горизонтальных связей в покрытии.

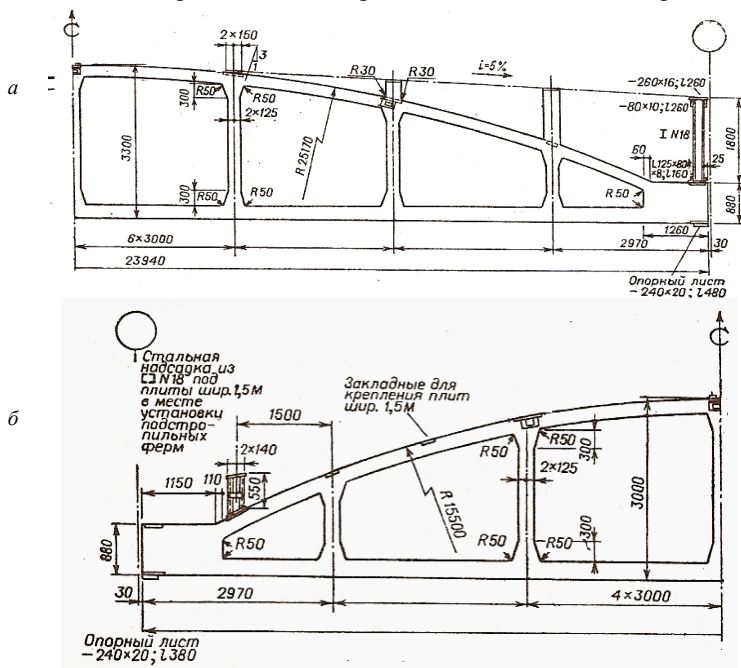


Рис. 28.5. Железобетонные безраскосные фермы:
а — для малоуклонной кровли; б — для скатной кровли

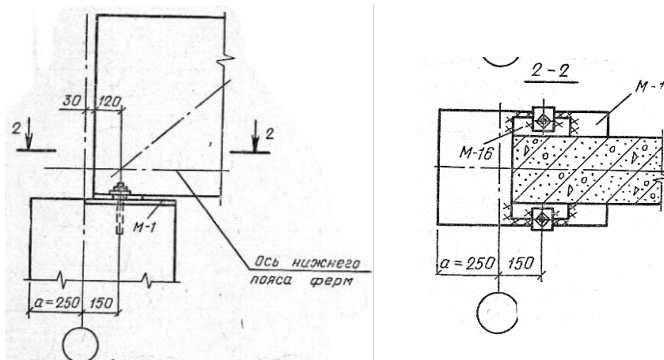


Рис. 28.6. Опираие железобетонной фермы на колонну

28.5. Железобетонные подстропильные балки и фермы

Подстропильные конструкции необходимы для опирания на них стропильных при шаге последних меньшем шага колонн. Подстропильные конструкции устанавливают на колонны в продольном направлении и крепят к ним на сварке закладных деталей. Стропильные конструкции с подстропильными соединяют сваркой и анкерными болтами аналогично креплению их к колоннам.

Железобетонные подстропильные балки имеют тавровое сечение с полкой по низу, усиленной в местах опирания на них стропильных балок. При этом со стороны опирания на подстропильную балку стропильная укорачивается на 100 мм (рис. 28.7).

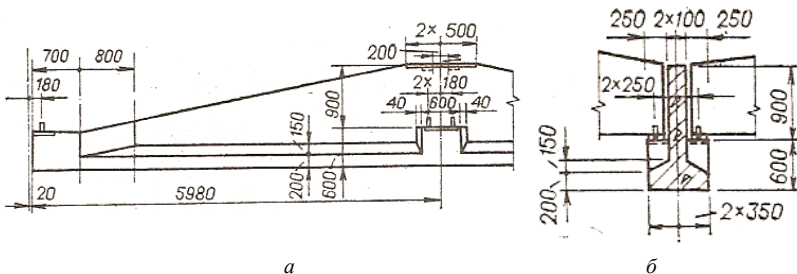


Рис. 28.7. Подстропильная железобетонная балка:
а – конструкция балки; б – опирание стропильных балок на подстропильную

Унифицированные железобетонные подстропильные фермы предусмотрены для скатных и малоуклонных покрытий при шаге колонн 12 м и в стропильных конструкциях в виде железобетонных раскосных

и безраскосных ферм, установленных с шагом 6 м. Такие фермы рассчитаны на сосредоточенную нагрузку от стропильных ферм, приложенную в середине пролета, от 800 до 1500 кН.

Подстропильные железобетонные фермы для скатных покрытий имеют горизонтальный нижний и ломаный верхний пояса. Опорные участки ферм усилены для опирания на них стропильных ферм. Стойки у опор предназначены для опирания плит покрытия (рис. 28.8).

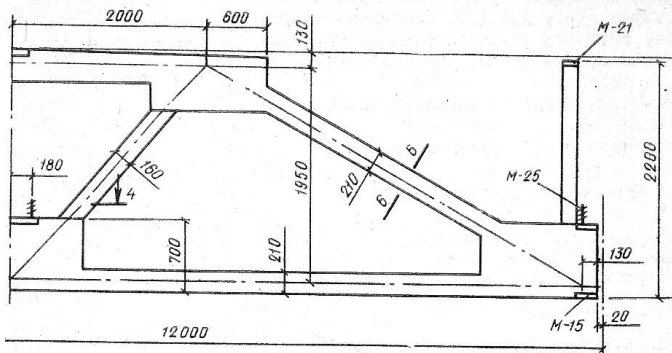


Рис. 28.8. Подстропильная железобетонная ферма для скатных покрытий

Унифицированная подстропильная железобетонная ферма для малоуклонных покрытий имеет горизонтальный нижний и ломаный верхний пояса, усилена площадками для опирания стропильных ферм и рассчитана на нагрузку от 580 до 1330 кН (рис. 28.9).

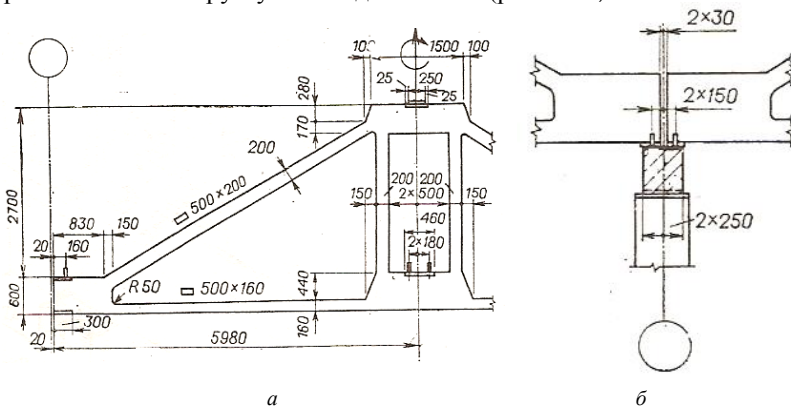


Рис. 28.9. Подстропильная железобетонная ферма для малоуклонных покрытий: а – конструкция; б – опирание стропильных ферм на подстропильную

Подстропильные железобетонные фермы изготавливают с предварительным напряжением нижнего пояса и стоек, что повышает их трещиностойкость и обеспечивает возможность применения их в зданиях с агрессивными воздушными средами.

28.6. Стальные стропильные и подстропильные фермы покрытий

Стальные стропильные фермы по очертанию проектируют с параллельными поясами, полигональными и треугольными. Стальные фермы применяют практически для любых пролетов.

В фермах различного очертания применяют определенные системы решеток (рис. 28.10). Выбор типа решетки зависит от схемы приложения нагрузок, очертания поясов и конструктивных требований. Для снижения трудоемкости изготовления ферма должна быть по возможности простой и с минимальным числом элементов.

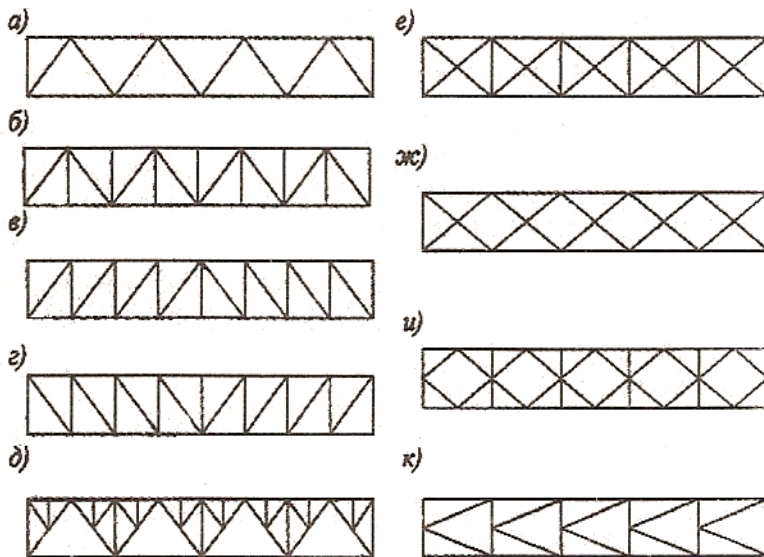


Рис. 28.10. Схемы решеток ферм:
a – треугольная; *б* – треугольная со стойками;
в, г – раскосная; *д* – шпренгельная; *е* – крестовая;
ж – перекрестная; *и* – ромбическая; *к* – полураскосная

Стальные фермы проектируют из элементов, могущих иметь различные сечения: трубчатые, гнутосварные замкнутые, из прокатных уголков, двутавров, швеллеров и т. п. (рис. 28.11).

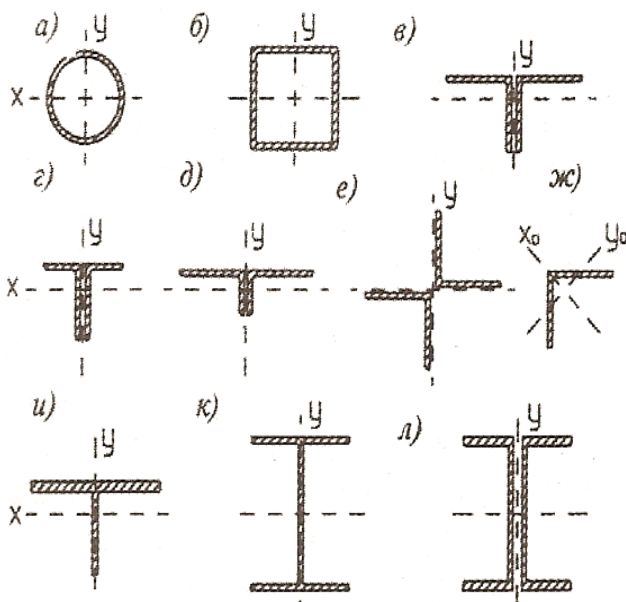


Рис. 28.11. Типы сечений стальных ферм: *a* – трубчатое; *б* – прямоугольное гнутозамкнутое; *в, г, д, е* – из парных уголков; *ж* – из одиночных уголков; *и* – из тавров – для поясов ферм; *к, л* – то же, из двутавра или двух швеллеров

Унифицированные фермы проектируют из прокатных парных уголков нормальной или пониженной высоты (рис. 28.12). Конструкции нормальной высоты предназначены для отапливаемых зданий с покрытием из железобетонных плит или из стального профилированного настила, уложенного по прогонам. Фермы с пониженной высотой используют только для покрытий из профилированного настила.

Типовые унифицированные фермы могут использоваться как в бескрановых зданиях, так и в зданиях с мостовыми опорными кранами.

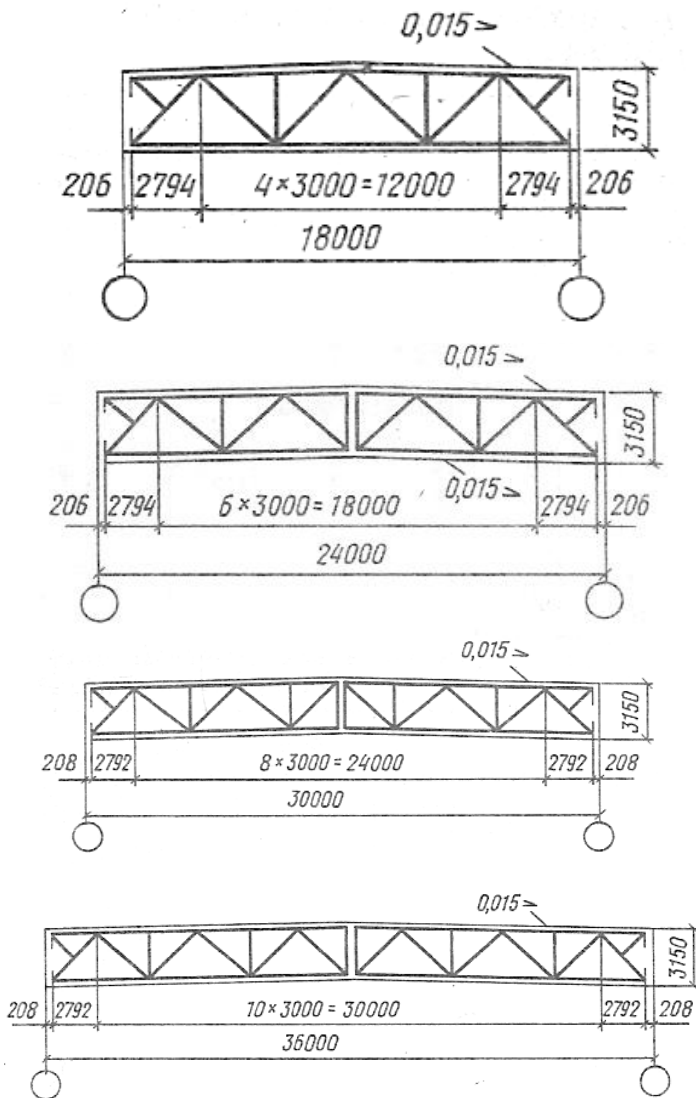


Рис. 28.12. Схемы стропильных ферм нормальной высоты из прокатных уголков (с указанием отправочных элементов)

В состав стальных несущих конструкций покрытий входят прогоны, стропильные и при необходимости подстропильные фермы, опорные стойки, горизонтальные и вертикальные связи. Конструкции покрытий применяют в однопролетных и многопролетных зданиях при любых сочетаниях пролетов шириной 18, 24, 30 и 36 м при использовании ферм нормальной высоты и 18 и 24 м – ферм пониженной высоты. Шаг стропильных ферм принимают равным 6 или 12 м.

Пояса и решетку унифицированных ферм конструируют из прокатных уголков и соединяют сваркой с помощью фасонки из листовой стали.

Сопряжение фермы с колонной (шарнирное) осуществляют с помощью надпорной стойки двутаврового сечения, которая крепится к колонне анкерными болтами, а пояса ферм к стойкам – болтами нормальной точности (рис. 28.13).

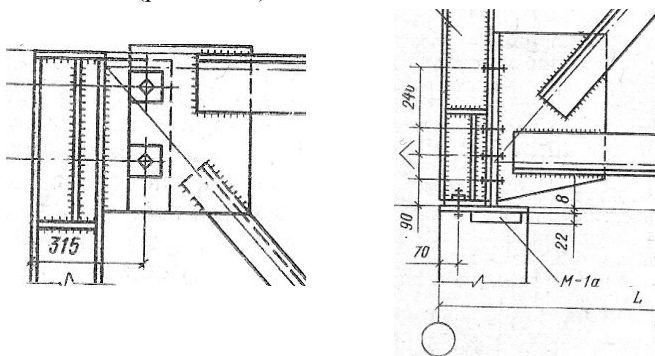


Рис. 28.13. Опираие стальной фермы на железобетонную колонну

Стальные подстропильные фермы конструируют по типу стропильных ферм пролетом 12, 18 и 24 м (рис. 28.14).

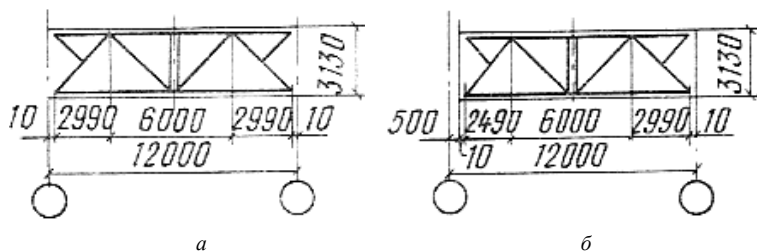


Рис. 28.14. Подстропильные фермы нормальной высоты пролетом 12 м:
а – рядовые; б – у торца здания

28.7. Стальные прогоны

Прогоны применяют в малоуклонных покрытиях с рулонной кровлей и стальным профилированным настилом при шаге стропильных ферм 6 и 12 м. Устанавливают их по верхним поясам стропильных ферм с шагом 3 м.

При 6-метровом шаге стропильных ферм прогоны выполняют сплошностенчатыми из швеллеров (рис. 28.15). Типовые конструкции 6-метровых стальных прогонов разработаны для применения в отапливаемых зданиях с высотой до низа стропильных конструкций, не превышающей 18,8 м. Крепление прогонов к стропильным фермам предусматривают на болтах. В зависимости от расчетной нагрузки прогоны, располагаемые в пролете ферм, могут быть из одного или двух швеллеров. Прогоны, устанавливаемые в ендовах, состоят из швеллера и приваренного к одной из его полок листа.

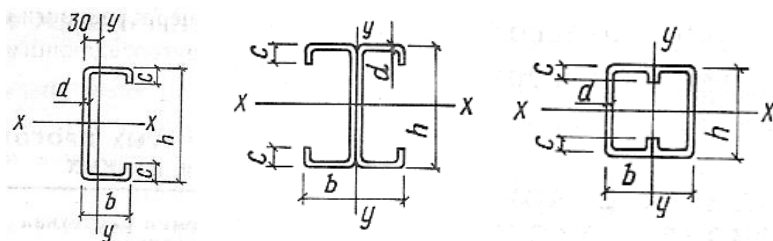


Рис. 28.15. Сечения стальных 6-метровых прогонов покрытия

При шаге стропильных ферм 12 м применяют стальные прогоны решетчатой конструкции. Решетчатые прогоны имеют треугольную форму с высотой в середине пролета 1,5 м (рис. 28.16).

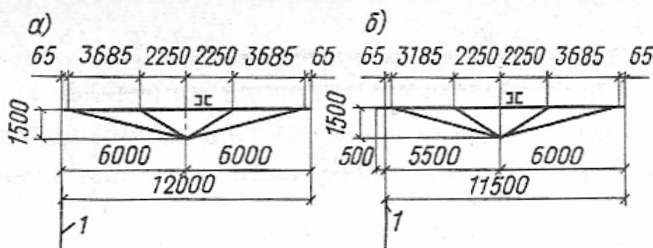


Рис. 28.16. Схемы решетчатых прогонов: а – рядовой; б – крайний (у торцов и ТДШ); 1 – ось стропильной фермы

Верхний пояс прогона состоит из парных, а решетка – из одиночных холодногнутых швеллеров. Серия унифицированных 12-метровых прогонов предусматривает рядовые прогоны и прогоны, устанавливаемые в торцах и у температурных швов зданий.

Соединение элементов прогона выполняется электродуговой сваркой. Сопряжение элементов решетки прогона принято шарнирным.

При решетчатых прогонах, как и при сплошностенчатых, профилированный настил укладывают непосредственно по прогонам (рис. 28.17).

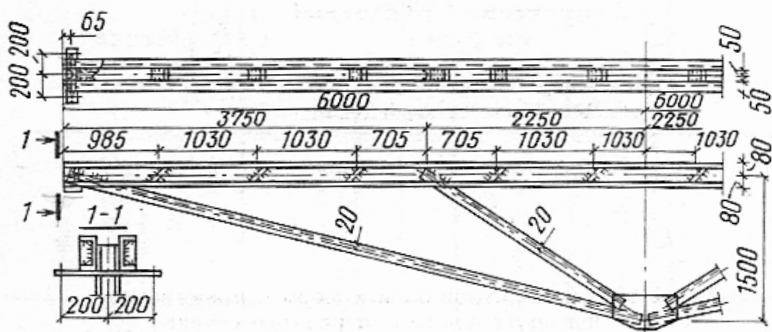


Рис. 28.17. Конструкция решетчатого прогона

28.8. Ограждающая часть покрытия

На выбор и решение ограждающей части покрытия промышленного здания влияет комплекс изменяющихся внешних и внутренних климатических воздействий. Это требует выполнения ограждающих конструкций из отдельных различного назначения слоев и элементов, которые при эксплуатации должны обеспечить надежную работу покрытия.

Выбор решения ограждающей конструкции покрытия зависит от назначения здания, требуемого температурно-влажностного режима в перекрываемом помещении, количества тепла, выделяемого в помещение технологическими установками, и способа удаления с кровли воды и снега.

Утепленные покрытия (рис. 28.18) устраивают по настилу из железобетонных плит или стальных профилированных листов с рулонной или мастичной кровлей. Наиболее распространенным типом покрытия является конструкция совмещенного покрытия. Такие покрытия обладают достаточно большой массой. Легкого типа покрытия выполняют

с применением стального профилированного настила и современных эффективных утеплителей послойной сборки или готовых трехслойных панелей типа «сэндвич».

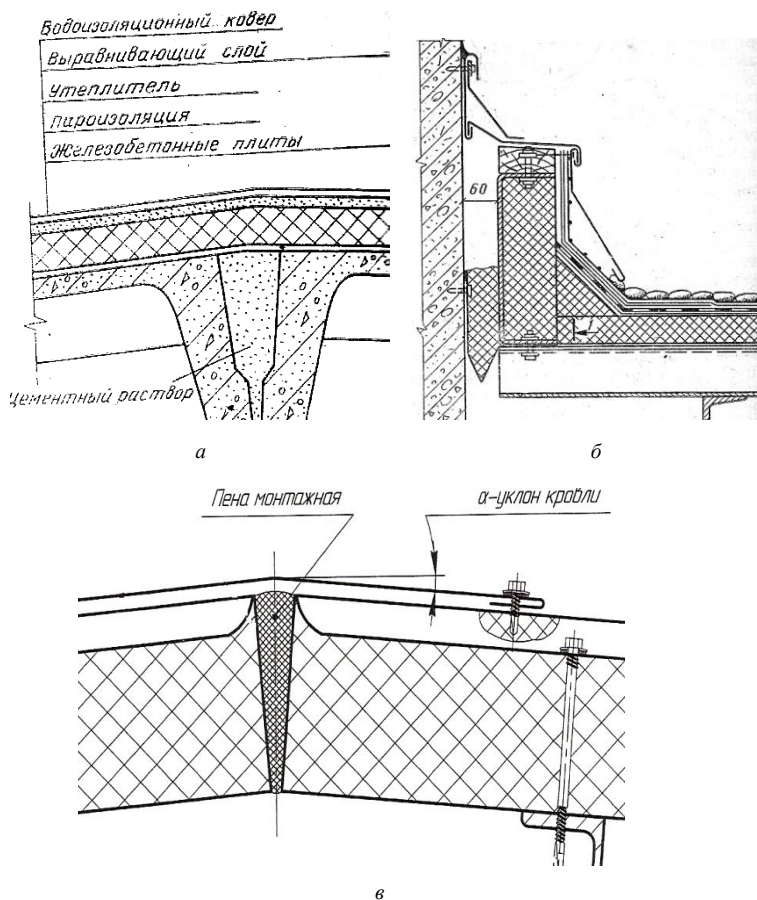


Рис. 28.18. Утепленное покрытие:
 а – по железобетонным плитам (в коньке);
 б – по стальному профнастилу (примыкание в месте перепада высоты);
 в – коньковый узел в покрытии из панелей типа «сэндвич»

Легкие ограждающие конструкции рекомендуются при устройстве покрытий по стальным несущим конструкциям. Они особенно целесообразны для строительства в северных районах.

В последнее время получили распространение армированные панели сплошного сечения из легких и ячеистых бетонов. Они являются одновременно несущими элементами ограждающей части покрытия и теплоизоляцией. Использование таких панелей возможно только в покрытиях над помещениями с нормальной или пониженной влажностью воздуха. В этом случае по панелям делают только выравнивающий слой и рулонный гидроизоляционный ковер.

В неотапливаемых промышленных зданиях покрытия делают холодными, без утеплителя. В зданиях со значительными выделениями тепла покрытия при стальной кровле устраивают холодными, а при рулонной кровле, в целях снижения температуры стяжки и гидроизоляционного ковра, покрытия устраивают холодными с воздушной прослойкой или с теплоизоляционным слоем.

В отапливаемых зданиях с нормальным температурно-влажностным режимом во избежание образования конденсата на внутренней поверхности покрытия, а при наружном водоотводе и в целях устранения возможности образования наледи на карнизах ограждающие части покрытий делают утепленными.

Неутепленные покрытия проектируют для неотапливаемых зданий, как правило, с кровлями из стальных или асбестоцементных профилированных листов. Эти кровли устраивают по стальным прогонам и фермам без утеплителя. По сравнению с холодными кровлями по железобетонным плитам они более экономичны: легче в 5...6 раз и имеют в 1,5...2 раза меньшую стоимость.

В утепленных покрытиях толщина теплоизоляции зависит от физических показателей материала, условий его эксплуатации и необходимой величины сопротивления теплопередаче покрытия.

Для **теплоизоляции** покрытий применяют плиты из легких или ячеистых бетонов; минераловатные плиты; асбестоцементные изоляционные, древесноволокнистые, цементно-фибrolитовые, пенополистирольные, пенополиуретановые и тому подобные плиты.

В отдельных случаях при отсутствии плитных материалов для теплоизоляции плоских и малоуклонных покрытий применяют засыпки из керамзита, перлита, пемзы, туфа, шлака и т. п. Но устройство покрытий с сыпучими теплоизоляционными материалами резко снижает их индустриальность, повышает трудозатраты. При этом надо помнить,

что мягкие и рыхлые сжимаемые утеплители (трепел, минеральные войлок и вата) для утеплителя покрытий неприемлемы: со временем они дают неравномерную осадку, что ведет к повреждениям кровли.

Материал *пароизоляции*, располагаемой между несущей ограждающей частью покрытия и утеплителем, выбирается в зависимости от вида применяемого утеплителя, а также с учетом влажности или упругости водяного пара внутреннего воздуха помещения.

В качестве пароизоляции применяют грунтовку поверхности железобетонных плит горячей битумной или дегтевой мастикой, на которые укладывают утеплитель.

Пароизоляцию выполняют не только обмазочной, но и рулонной из водонепроницаемых материалов. Рулонная пароизоляция может быть устроена из одного или двух слоев рубероида, пергамина, толя, толькожи, изола или бризола (для влажных помещений), поливинилхлоридной пленки, фольгоизола, пенополиэтилена или других синтетических пленок.

Обмазочную пароизоляцию кроме битума и дегтя выполняют также и из поливинилхлоридного лака и изольной мастики. В качестве пароизоляции в покрытиях с несущими панелями из легких или ячеистых бетонов следует использовать покраски внутренней поверхности панелей эмальями, масляными и другими влагоустойчивыми красками.

В местах примыкания покрытия к вертикальным поверхностям пароизоляционный слой необходимо поднимать на толщину утеплителя. Для предохранения пароизоляции от повреждения плитную теплоизоляцию следует укладывать на кровельных мастиках.

Основанием под рулонную кровлю служит *выравнивающий слой (стяжка)*, наносимый по утепляющему слою. Стяжку выполняют из цементно-песчаного раствора толщиной 20...30 мм, асфальтобетона толщиной 25 мм, шлакобетона или асфальта толщиной 10...20 мм.

При повышенных требованиях к непротекаемости кровли применяют стяжки, армированные сеткой из проволоки диаметром 4 мм с шагом 200 мм. Для предотвращения образования трещин в выравнивающих слоях следует предусматривать швы шириной 5...10 мм, разделяющие основание под кровлю на квадратные участки со стороной 6 м при цементно-песчаном слое и 4 м – при асфальтобетонном. По швам, заполняемым резинобитумной мастикой, укладывают полосы рубероида или пергамина шириной 100 мм.

По типу *гидроизоляции* кровли подразделяют:

- на рулонные;

- мастичные;
- металлические;
- асбестоцементные.

Рулонные кровли устраивают из рубероида, толи, гидроизола, стеклорубероида, пергамина, синтетических пленок и других водонепроницаемых материалов.

Для обеспечения водонепроницаемости кровли устраивают из нескольких слоев в зависимости от уклона:

$i \geq 15\%$ – 2-слойные без защитного слоя;

$i \geq 10\%$ – 3-слойные без защитного слоя;

$2,5\% \leq i < 10\%$ – 3-слойные с защитным слоем;

$0 \leq i \leq 2,5\%$ – 4-слойные и более с защитным слоем.

Кровли с количеством слоев более четырех применяют в эксплуатируемых покрытиях либо на тех участках, где установлено технологическое оборудование.

Наклеивают рулонные кровли с помощью битумных, дегтевых и других мастик в зависимости от типа гидроизоляции.

Испытывая значительный нагрев и большие суточные (60...70 °С) и годовые (до 100 °С) колебания температуры, кровля подвергается существенным знакопеременным деформациям, что приводит к разрыву ковра и нарушает сцепление его с основанием. Для уменьшения вредного влияния атмосферных воздействий и предохранения от механических повреждений в кровлях с уклоном менее 10 % устраивают **защитный** (бронирующий) слой. Его выполняют из гравия светлых тонов (зерна размером 5...15 мм) или слюдяной крошки. Защитный слой связывают с гидроизоляцией мастикой, которую используют при наклейке рулонного ковра.

Уменьшить нагрев кровли можно окраской ее в светлые тона (например, известковой или алюминиевой краской). Однако окраска кровель недолговечна, особенно в районах с загрязненной атмосферой. Более долговечен и надежен в эксплуатации рубероид, покрытый с наружной стороны алюминиевой фольгой, хорошо отражающей большую часть солнечных лучей.

В местах примыкания рулонных кровель к выступающим элементам, а также на участках ендов и карнизов предусматривают дополнительные слои гидроизоляционного ковра (2...4 слоя). Ковер, смазанный мастикой, заводят на выступающие части и крепят к ним гвоздями, дюбелями, а стык промазывают мастикой или закрывают фартуком из оцинкованной кровельной стали.

Мастичные кровли имеют относительно простую конфигурацию. Они более долговечны и дешевле рулонных на 40 %. Такие кровли целесообразны для крыш, подвергающихся механическим воздействиям и опасности возгорания от искр и горячих газов.

Мастичные кровли выполняют из горячих битумных или битумно-резиновых мастик, а также из холодных битумно-латексных эмульсий и асфальта.

Для повышения трещиностойкости мастики или эмульсии армируют стекломатериалами. В кровлях с применением горячих битумных и битумно-резиновых мастик используют стеклохолст, а в кровлях с применением битумно-латексных эмульсий – стеклотсетку. На мастичную кровлю сверху наносят защитный слой из гравия или алюминиевой краски. Состав мастичной кровли выбирают в зависимости от уклона.

В коньковой части кровель основной мастичный водоизоляционный ковер усиливают по ширине 0,5...0,6 м дополнительным армированным мастичным слоем, а в ендовах по ширине 1,5...2 м – двумя такими слоями.

Мастичные кровли достаточно широко распространены за рубежом. Так, в США для устройства таких кровель применяют эластомеры. В отличие от рулонных кровель, укладываемых на битумных или дегтевых мастиках, кровли из эластомеров имеют надежное сцепление с любым основанием, хорошо сопротивляются резким температурным колебаниям, не образуя при этом трещин, имеют низкие эксплуатационные расходы, но высокую первоначальную стоимость. Эта кровля устраивается следующим образом: на основание наносят тонкий слой неопрена, по которому распыляют слой стекловолокна толщиной 2 мм. Затем покрывают четырьмя слоями неопрена толщиной 3 мм каждый. Наружную поверхность неопрена защищают двумя слоями сульфохлорированного полиэтилена толщиной до 3 мм каждый. Общая толщина кровли составляет 20 мм. Защитный слой из сульфохлорированного полиэтилена в случае износа может быть обновлен.

В последнее время устраивают мастичные кровли из полимерных синтетических материалов:

- поливинилхлоридные;
- виниловые;
- неопреновые.

Их наносят напылением. Они обладают высокими водоизоляционными свойствами, атмосфероустойчивы, морозостойки и эластичны.

Асбестоцементные кровли. Неутепленные покрытия из асбестоцементных волнистых листов по стальным прогонам и фермам экономически эффективны по сравнению с железобетонными покрытиями. Так, при пролете 24 м они в 5...6 раз легче и в 1,5...2 раза дешевле железобетонных.

В горячих цехах при значительном неравномерном нагреве кровли лучистым теплом или теплым воздухом помещения и увлажнении с наружной стороны атмосферными осадками асбестоцементные листы коробятся и трескаются, что приводит к быстрому износу кровли и необходимости ее замены через 2...3 года эксплуатации, а потому применение их в таких случаях нецелесообразно.

Асбестоцементные листы укладывают обычно по стальным прогонам. Расстояние между прогонами под листы длиной 1750 мм должно быть 1,5 м, а для листов длиной 2800 мм – 1,25 м. Для армированных листов шаг прогонов принимают равным 3 м. Величина продольной нахлестки должна составлять 150...250 мм, а поперечной – на одну волну.

Для обеспечения водонепроницаемости кровли в коньке ставят фасонные асбестоцементные листы. Вдоль конька, фонарей и карнизов устраивают дощатые рабочие ходы, а вдоль свесов при наружном водоотводе – ограждение. В кровлях предусматривают температурные швы через 12...24 м (рис. 28.19).

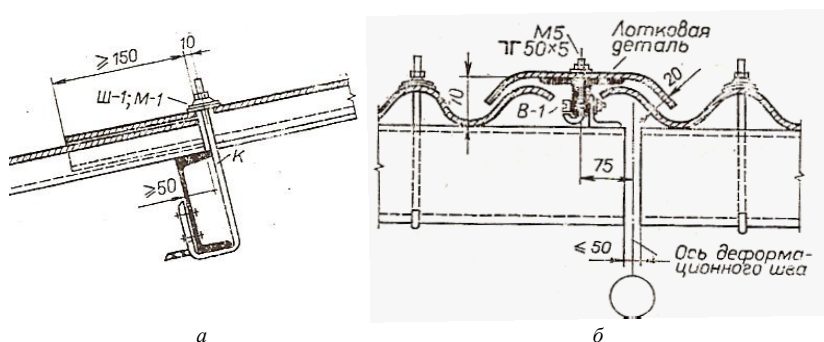


Рис. 28.19. Кровля из асбестоцементных листов:
 а – крепление листов к прогонам;
 б – деформационный шов

Долговечность асбестоцементных кровель можно повысить гидрофобизацией листов, а также применением податливых креплений листов к прогонам. Наряду с неокрашенными выпускают асбестоцементные листы с различными по цветовой гамме покрытиями. Листы покрывают тонким водонепроницаемым слоем битумной эмульсии или парафина, а также гидрофобизуют их кремнийорганическими составами, обеспечивающими полную водонепроницаемость асбестоцемента.

Крепят листы к прогонам шурупами или болтами, а головки их, выступающие над поверхностью листов, закрывают противокоррозионными колпачками.

Металлические кровли. Холодные кровли из стальных профилированных листов устраивают аналогично кровлям отапливаемых зданий, в которых отсутствует теплоизоляция. Оцинкованный профнастил укладывают на прогоны, устанавливаемые по узлам стропильных ферм, и крепят к ним самонарезающими болтами в каждой волне. В средней ендове и в коньке покрытия зазоры между настилами перекрывают специальными полосами из оцинкованной кровельной стали сечением 240×0,8 мм. По длине настилы соединяют комбинированными заклепками с шагом 500 мм. В местах устройства температурных швов в покрытии применяют стальные компенсаторы.

Наиболее перспективны кровли из алюминиевых листов, которые не подвергаются коррозии и благодаря большой отражательной способности хорошо противостоят температурным изменениям, имеют малую массу (в 3 раза легче асбестоцементных и почти в 20 раз – железобетонных покрытий). Алюминиевые листы выпускают профилированными (волнистыми) и плоскими.

Для предохранения от электрохимической коррозии мест соприкосновения алюминиевых листов со стальными прогонами последние покрывают специальной грунтовкой или оклеивают тканью, пропитанной защитным материалом.

В примыканиях к стенам, фонарям и конькам применяются специальные штампованные фасонные детали.

Стальные профилированные листы (рис. 28.20) в целях повышения долговечности кровли покрывают цинком (гальваническим способом) или синтетическим лаком. Гальванизация стальных кровельных листов все же не исключает опасности появления коррозии в местах нарушения оцинковки, а потому такой настил необходимо периодически окрашивать.

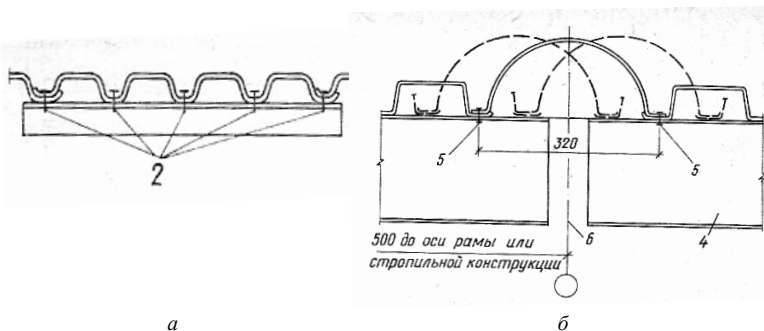


Рис. 28.20. Кровля из профилированных листов:
а – крепление профилированных листов к прогонам;
 2 – самонарезающие болты;
б – деформационный шов; 4 – прогоны; 5 – самонарезающие болты;
 6 – ось поперечного температурного шва

Металлическую кровлю также выполняют из рулонированного тонколистового материала (стали или алюминиевого сплава) толщиной 1 мм. Устраивают такую кровлю следующим образом: к прогонам, расположенным через 1,5 м на уровне верхних полок крепят поперечные элементы – распорки с шагом 2 м. На созданные ячейки каркаса размером 1,5×2 м опирают кровельные ленты, которые для придания кровле необходимой жесткости и получения гладкой поверхности натягивают и приваривают к прогонам и распоркам точечной сваркой. Алюминиевые ленты прикрепляют к каркасу специальными клямерами.

28.9. Водоотвод с покрытий

Многопролетные производственные здания со скатными или плоскими покрытиями проектируют, как правило, с внутренним водоотводом, при этом в целях унификации конструктивных элементов покрытий не следует устраивать наружный водоотвод с крайних скатов кровли. Внутренние водостоки не следует устраивать в покрытиях над неотапливаемыми помещениями, при кровлях из асбестоцементных листов, в покрытиях по деревянным несущим конструкциям, а также в случае отсутствия на площадке строительства ливневой канализации.

Покрытия многопролетных неотапливаемых зданий с внутренним водоотводом допускается проектировать при наличии производственных тепловыделений, обеспечивающих положительную температуру

внутри зданий или при устройстве специального обогрева водосточных воронок и труб.

Нельзя устраивать сток воды с утепленных покрытий над отапливаемыми помещениями на холодную кровлю неотапливаемых зданий.

Размещение водосточных воронок на кровле производят в зависимости от конструктивного решения здания, профиля кровли и допустимой площади водосбора на одну воронку.

На скатных кровлях водосточные воронки располагают в пониженных ее участках – ендовах. При плоских покрытиях в каждом ряду колонн устанавливают не менее одной воронки. Площадь водосбора, приходящаяся на одну воронку, определяют расчетом в зависимости от типа и уклона кровли, а также конструкций водосточной системы. Максимальная площадь водосбора на одну водосточную воронку не должна превышать величин, приведенных в табл. 28.1.

Т а б л и ц а 28.1. Площадь водосбора на одну водосточную воронку

| Тип кровли | Максимальная площадь водосбора, м ² | | |
|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | q_{20} , л/с на 1 га более 120 | q_{20} , л/с на 1 га 120...100 | q_{20} , л/с на 1 га менее 100 |
| Скатные | 600 | 800 | 1200 |
| Плоские | 900 | 1200 | 1800 |
| Плоские, заполняе- мые водой | 750 | 1000 | 1500 |

Примечание. q_{20} , л/с на 1 га – интенсивность дождя продолжительностью 20 мин.

При проектировании системы внутренних водостоков и определении площади кровли на одну воронку интенсивность дождя продолжительностью 20 мин принимают в зависимости от района строительства.

Расстояния между воронками для скатных кровель должно быть не более 48 м. В плоских покрытиях максимальная длина пути воды не должна превышать 150 м.

Расположение воронок на кровле должно иметь единую стандартную привязку к модульным координационным осям здания: к продольным осям – 450 мм, к поперечным – 500 мм. При такой привязке обеспечивается единообразное расположение и устройство отверстий в унифицированных плитах покрытий для установки водоприемных воронок.

К одному стояку обычно предусматривают присоединение минимального числа воронок. В случае присоединения двух воронок их

Глава 29. СТЕНЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Стены промышленных зданий должны удовлетворять следующим **требованиям**, обеспечивающим:

- температурно-влажностный режим, необходимый технологическому процессу и комфортному труду людей;
- прочность и устойчивость при действии статических и динамических нагрузок;
- огнестойкость и долговечность;
- индустриальность;
- эстетичность;
- экономичность.

Выбор материала стен зависит от температурно-влажностного режима помещения и климатических условий района строительства. Так, цехи с избыточным выделением тепла проектируют с «холодными» ограждениями не только в южных, но нередко и в средних климатических поясах.

Наружные стены зданий со взрывоопасными производствами (категории А и Б) устраивают легкобросываемыми от воздействия взрывной волны. К легкобросываемым относят «холодные» стены из асбестоцементных, алюминиевых и стальных листов, а также «теплые» стены из этих листов с легким утеплителем.

Классифицируют стены промышленных зданий, как и гражданских, **по статической работе**: на несущие, самонесущие и навесные; **по материалу и технологии возведения**: на каменные (ручной кладки), бетонные (из монолитного бетона, крупных блоков или панелей), стены из небетонных материалов (фахверковые и каркасно-панельные); **по конструктивному решению**: на однослойные и многослойные.

Ненесущие (навесные) стены выполняют ограждающую функцию, а свой вес они полностью передают на колонны каркаса, за исключением нижнего подоконного яруса, опирающегося на фундаментные балки. Нагрузка от ненесущих стен передается на колонны через обвязочные балки в стенах из мелкогабаритных изделий, а в панельных стенах – через стальные опорные столики.

Ненесущие (подвесные) стены состоят из стального фахверка и заполнения. Эти стены подвешивают к концам консолей покрытия, нагружая тем самым несущие конструкции средних участков покрытия. Фахверк выполняют из легких листовых или панельных элементов.

Самонесущие стены из панелей применяют при большой массе и большой толщине панелей (не менее 300 мм), имеющих сплошное се-

чение. Высота таких стен ограничивается и зависит от прочности материала и толщины стены, шага колонн, величины ветровой нагрузки и т. п. Самонесущие стены на всю высоту здания наиболее эффективны для производств с влажными и мокрыми процессами, а также с химически агрессивной средой.

Несущие стены применяют в зданиях с неполным каркасом или бескаркасных. Выполняют их из кирпича или мелких блоков.

В многопролетных одноэтажных промышленных зданиях торцевые стены по конструктивным схемам и материалу не отличаются от продольных. Но из-за большого расстояния между продольными рядами колонн в торцах предусматривают дополнительные колонны (стойки фахверка) с шагом 6 или 12 м, которые обеспечивают необходимую устойчивость торцевых стен, а в панельных зданиях являются необходимыми элементами каркаса для крепления стеновых панелей.

Стены из кирпича и мелких блоков проектируют для зданий небольших размеров; с влажной и агрессивной средой помещений; с большим числом ворот, дверей и технологических проемов.

Такие стены возводят аналогично стенам гражданских зданий. Для обеспечения устойчивости их крепят к колоннам анкерами, клямерами или хомутами, которые устанавливают с шагом 70...100 мм по всей высоте стены (рис. 29.1). Прочность их крепления определяют расчетом на ветровые нагрузки.

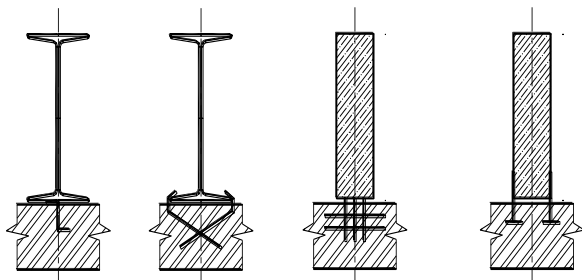


Рис. 29.1. Крепление кирпичных стен к колоннам

В высоких стенах и при наличии в них ленточных проемов в каркас вводят обвязочные балки, размещаемые над проемами и служащие сплошными перемычками. Обвязочные балки опирают на стальные столики-консоли и крепят к колоннам с помощью стальных планок, привариваемых к закладным деталям (рис. 29.2).

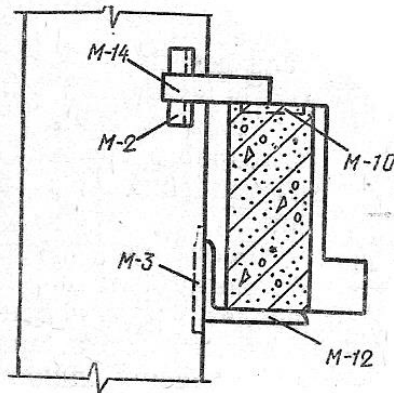


Рис. 29.2. Крепление обвязочной балки к колонне

Стены из крупных блоков по сравнению с кирпичными имеют лучшие технико-экономические показатели. Их изготавливают из легкобетона. Блоки подразделяют на угловые, рядовые, перемычные. Крепят их к колоннам гибкими Т-образными анкерами из стержней диаметром 10 мм. Одни концы анкеров закладывают в горизонтальные пазы блоков, а другие приваривают к закладным элементам колонн.

Стены из железобетонных и легкобетонных панелей позволяют снизить массу зданий, улучшить качество и уменьшить трудоемкость их возведения на 30...40 %.

По расположению в стене панели подразделяют: на рядовые; угловые удлиненные; перемычные, усиленные для восприятия ветровой нагрузки от оконных заполнений; подкарнизные и парапетные; парапетные.

По теплоизолирующим свойствам панели подразделяют: на железобетонные однослойные – для неотапливаемых зданий и легкобетонные однослойные, а также железобетонные трехслойные – для отапливаемых зданий.

Номинальная длина всех панелей составляет 6 и 12 м. Панели имеют номинальную высоту 900, 1200, 1800 мм. Подкарнизные панели выпускают высотой 1500 мм. Приторцевые панели удлиняют приваренными к ним угловыми блоками (рис. 29.3). Длина доборных блоков определяется толщиной панели и размерами привязки основных колонн к координационным осям здания.

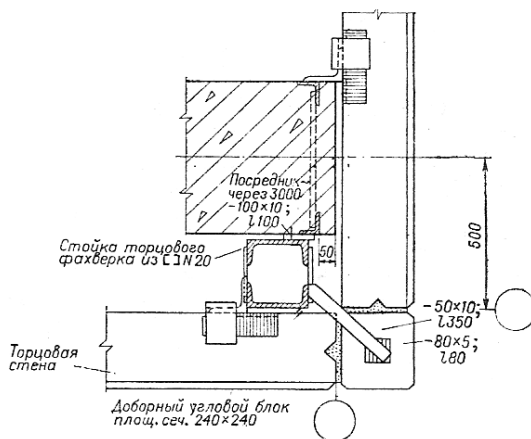


Рис. 29.3. Угол здания при привязке «0»

Железобетонные однослойные панели применяют для неотапливаемых зданий. При шаге колонн 6 м железобетонные панели имеют сплошное сечение толщиной 70 мм, а при 12-метровом шаге колонн панели проектируют ребристыми с высотой контурных ребер 300 мм.

Легкобетонные панели для отапливаемых зданий с шагом колонн 12 м проектируют плоскими однослойными. Перемычечные панели (надоконные и подоконные) со стороны примыкания оконных заполнений усилены горизонтальными ребрами.

Из легкобетонных панелей устраивают как навесные, так и самонесущие стены. Для навесных панелей характерно ленточное остекление, а для самонесущих – отдельные оконные проемы.

Раскладку панелей по высоте следует делать так, чтобы один из горизонтальных швов располагался на 0,6 м ниже верха колонн. Этот шов делит стену по высоте на два яруса. Панели нижнего яруса крепятся к колоннам, а верхнего – к конструкциям покрытия. Высота первого яруса, в зависимости от собственной массы и несущей способности панелей, составляет 12...24 м, а последующих ярусов – 4,8...6 м.

В навесных стенах панели над оконными проемами и внизу ярусов на глухих участках опирают на стальные консоли, приваренные к колоннам (рис. 29.4). Для размещения полки уголка, образующего опорную консоль, между колонной и панелями сохраняют зазор 30 мм. Промежуточные панели ярусов крепят к колоннам на гибких связях, допускающих небольшие перемещения стен относительно каркаса, которые могут возникать от температурных или осадочных деформаций в здании (рис. 29.5).

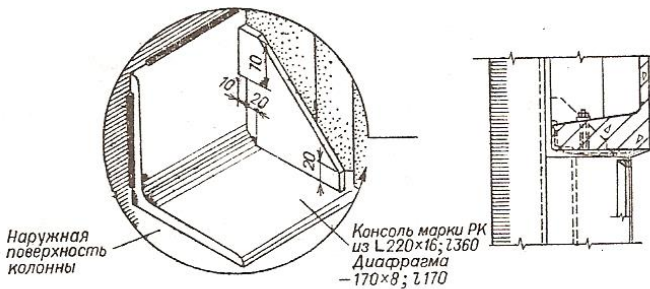


Рис. 29.4. Навеска железобетонных панелей на колонну в местах устройства опорных консолей

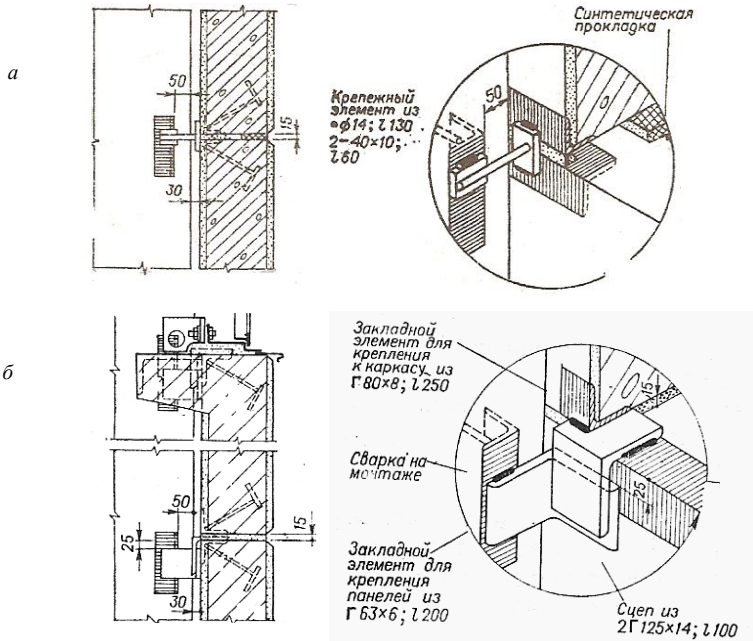


Рис. 29.5. Навеска легкбетонных панелей на колонну: а – при шаге колонн 6 м; б – при шаге колонн 12 м

Панели торцевых стен крепят к стальным или железобетонным фахверковым колоннам и к приколонным стойкам фахверка, располагаемым между основными колоннами и наружной стеной.

Заполнение швов панельных стен осуществляют упругими синтетическими прокладками шириной 60...80 мм и герметизирующими мастиками.

Железобетонные трехслойные панели обладают повышенной прочностью и теплоустойчивостью по сравнению с однослойными легкобетонными. Их применяют в основном в самонесущих стенах.

Номинальная длина трехслойных панелей составляет 6 м, а высота – 1,8 и 1,2 м. Простеночные панели имеют длину 1,5 и 0,75 м. Углы зданий ограждают доборными блоками.

Конструкция трехслойной железобетонной панели состоит из железобетонных слоев, обжимающих внутренний слой из пенополистирола. Внутренний железобетонный слой толщиной 70 мм воспринимает собственную массу стены и ветровые нагрузки. Железобетонные слои связаны гибкими связями.

Стальные трехслойные панели («сэндвич») применяют для отапливаемых зданий. Стены состоят из вертикально расположенных стеновых панелей и горизонтальных ригелей, к которым крепят панели (рис. 29.6). Ригели крепят болтами к опорным консолям. В продольных стенах их приваривают к основным колоннам и стойкам фахверка, а также к опорным стойкам стропильных ферм.

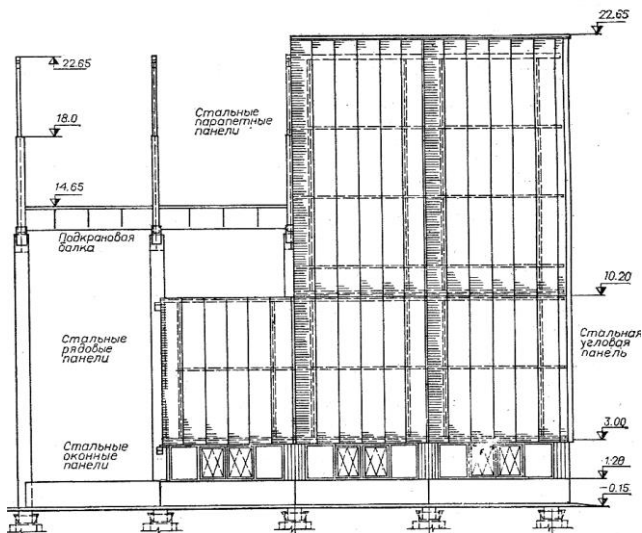


Рис. 29.6. Стена из панелей «сэндвич» вертикальной разрезки

Стеновая трехслойная панель представляет собой конструкцию, в которой между двумя металлическими обшивками запрессован утеплитель. В качестве обшивки в основном применяют стальные или алюминиевые профилированные листы, а для утеплителя используют пенополистирол или базальтовое волокно на синтетическом связующем. Конструктивные типы трехслойных панелей отличаются в основном формой продольных кромок, что приводит к различным конструктивным решениям вертикальных стыков панелей.

На рис. 29.7 изображен вертикальный стык унифицированных типовых панелей с утепляющим слоем из пенополиуретана. В таких панелях вертикальный стык осуществляется заведением гребня в паз, горизонтальный стык имеет прямоугольное сечение. В шов закладывается прокладка из пенополиуретана, покрытая снаружи герметизирующей мастикой.

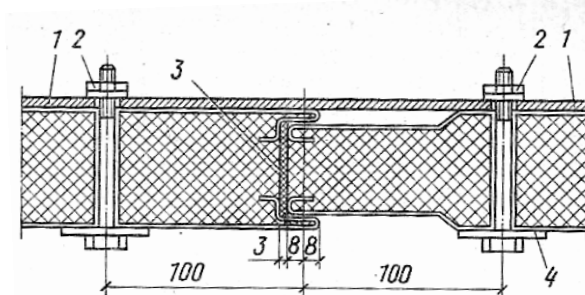


Рис. 29.7. Вертикальный стык панелей «сэндвич»: 1 – ригель;
2 – болт М8; 3 – прокладка из пенополиуретана;
4 – шайба диаметром 40 мм

Различают угловые и рядовые панели. К ригелям панели крепят сквозными болтами (М8) с увеличенной шайбой с наружной стороны (рис. 29.8).

Расстояния между ригелями по высоте стены принимают равным 1,8, 2,4, 3 и 3,6 м. Выполняют ригели из холодногнутых швеллеров.

Цоколь в стенах из панелей типа «сэндвич» выполняют из кирпича, бетона или легкобетонных панелей (толщиной, определенной теплотехническим расчетом) высотой не менее 0,9 м.

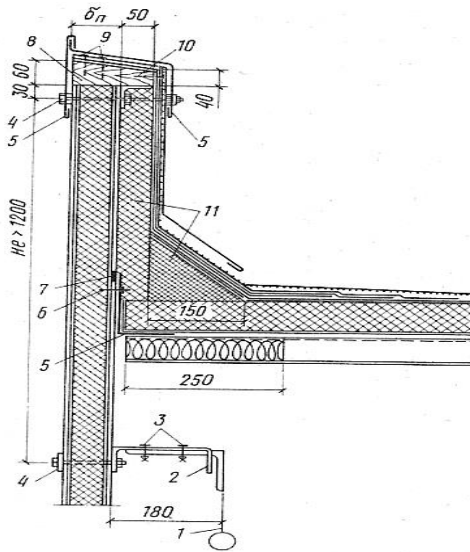
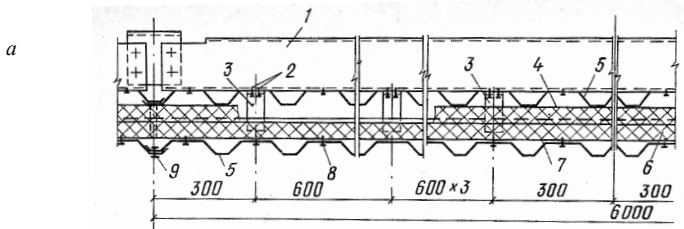


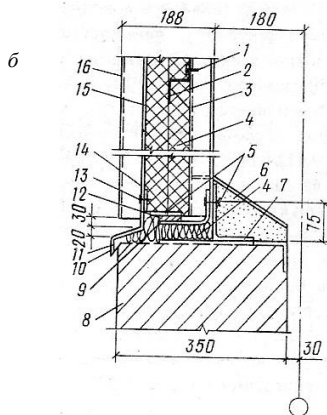
Рис. 29.8. Устройство парапета из панелей «сэндвич»:

- 1 – наружная грань колонны; 2 – ригель; 3 – самонарезающие болты;
 4 – болты; 5 – погонажные изделия из тонколистовой стали;
 6 – комбинированные заклепки; 7 – герметик; 8 – антисептированный брусок; 9 – толевые гвозди; 10 – шурупы; 11 – бортики из минераловатных плит повышенной жесткости

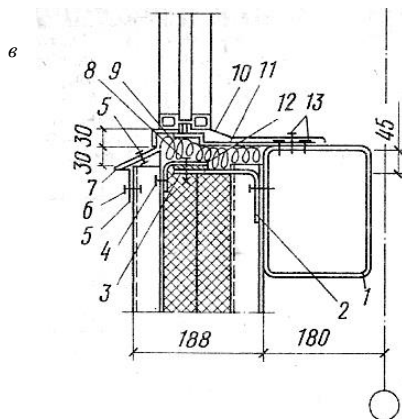
Металлические стены послойной сборки (рис. 29.9) устраивают как для отапливаемых, так и для неотапливаемых зданий. В отапливаемых зданиях стены проектируют многослойными с утеплителем, в неотапливаемых – однослойными без теплоизоляционного слоя. Многослойные металлические стены представляют собой конструкцию, состоящую из наружной и внутренней обшивок стальными листами, среднего, теплоизоляционного слоя из минераловатных плит, противоветрового барьера и слоя пароизоляции. Эти стены приняты навесной конструкции – все нагрузки, приходящиеся на них, воспринимают ригели и передают их на колонны, приходящиеся на них, воспринимают стойки фахверков. Такие стены имеют привязку к координационной оси 180 мм. Относ внутренней грани стен от наружной грани колонн или фахверковых стоек на 180 мм позволяет размещать там ригели, к которым крепят панели.



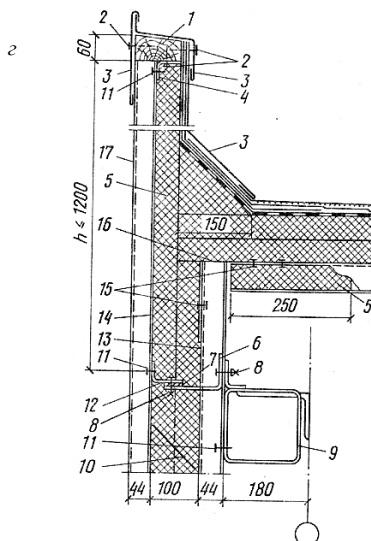
- 1 – рядовой ригель; 2 – болт; 3 – опорная консоль; 4 – полиэтиленовая пленка;
5 – стальной лист; 6 – минераловатные плиты; 7 – бумага;
8 – самонарезающий винт; 9 – заклепка



- 1 – комбинированная заклепка;
2 – Z-образный профиль;
3 – полиэтиленовая пленка;
4 – минераловатные плиты; 5 – болт;
6 – цементно-песчаный раствор;
7 – гнутый профиль;
8 – цоколь; 9 – опорная консоль;
10 – слив из оцинкованной стали;
11 – костыль; 12 – прокладка из фанеры;
13 – самонарезающий винт; 14 – уголок;
15 – бумага мешочная; 16 – листовая обшивка



- 1 – опорный ригель;
2 – опорная консоль;
3 – уголок обрешетки;
4, 7, 10 – слив из стали;
5 – комбинированная заклепка;
6 – самонарезающий винт;
8 – болт;
9 – минераловатная плита;
11 – опорные полосы;
12 – прокладка из фанеры;
13 – самонарезающий винт



- 1 – деревянный брусок;
- 2 – шуруп; 3 – слив;
- 4 – гнутый уголок;
- 5 – минераловатная плита;
- 6 – опорная консоль;
- 7 – фанера; 8 – болт;
- 9 – опорный ригель;
- 10 – шпилька;
- 11 – самонарезающий винт с уплотнителем;
- 12 – самонарезающий винт;
- 13 – полиэтиленовая пленка;
- 14 – бумага мешочная;
- 15 – комбинированная заклепка;
- 16 – нащельник из стали;
- 17 – лист обшивки

Рис. 29.9. Металлические стены послойной сборки:
a – конструкция стены; *б* – сопряжение стены с цоколем;
в – сопряжение стены с окном; *г* – устройство парапета

Ригели крепят к опорным консолям, которые в продольных стенах приваривают к основным колоннам и к опорным стойкам стропильных ферм, а в торцевых стенах – к фахверковым и приколонным стойкам.

Расположение и конструкции приколонных стоек аналогичны принятым для стен из панелей «сэндвич».

Стены из волнистых асбестоцементных листов применяют в неотапливаемых зданиях и в цехах с избыточными выделениями тепла на высоте не менее 3 м. Нижняя часть стен, подвергающаяся увлажнению и механическому воздействию, выполняется из железобетонных панелей или кирпичной кладки.

Асбестоцементные листы имеют длину 2800 мм, ширину 1000 мм, толщину 8 мм, высоту волны 50 мм. Листы крепят к ригелям с вертикальной нахлесткой 100 мм. Ригели располагают с шагом 2,7 м по высоте. Приваривают ригели к столикам, размещаемым на наружной грани каркаса. Зазор между ригелем и колонной позволяет разместить крепежные элементы. К ригелям асбестоцементные листы крепят с помощью крюков, пропущенных сквозь гребни листов.

Асбестоцементные каркасные панели применяют в отапливаемых зданиях с нормальным температурно-влажностным режимом ($W \leq 70\%$) для стен с вертикальной разрезкой.

Номинальные размеры асбестоцементных панелей составляют: длина – 1,8, 2,4 и 3 м; ширина – 1,5 м; 0,5 и 0,43 м – для угловых и вставочных панелей.

Каркасные асбестоцементные панели применяются двух типов: с деревянным и асбестоцементным каркасом.

Панель с деревянным каркасом имеет две обшивки из плоских асбестоцементных листов, между которыми размещен утеплитель из жестких минераловатных плит, закрепленный деревянными прижимными рейками. Каркас панели состоит из деревянных брусьев сечением 64×124 и 64×144 мм. К каркасу асбестоцементные листы крепятся оцинкованными шурупами. Для крепления панелей к стальным ригелям в деревянном каркасе закреплены стальные уголки с приваренными гайками.

Панель с асбестоцементным каркасом (рис. 29.10, 29.11, 29.12) состоит из асбестоцементных швеллеров – гнутых или изготовленных экструзионным способом, высотой 170 мм, из двух асбестоцементных листовых обшивок и утеплителя из жестких минераловатных плит. Крепление обшивок к каркасу осуществляют на эпоксидном клее со швом на всю ширину полки швеллера. Торцы панелей закрывают деревянными досками толщиной 40 мм.

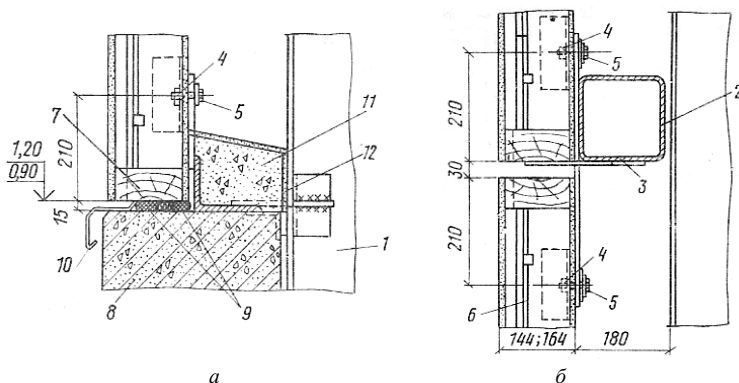


Рис. 29.10. Детали стен из асбестоцементных каркасных панелей:

а – сопряжение панели с цоколем; *б* – крепление панелей к колонне;

1 – колонна каркаса; 2 – стальной ригель; 3 – стальной опорный столик;

4 – стальной закладной уголок для крепления панели; 5 – болт; 6 – стеновая панель;

7 – продух; 8 – цоколь; 9 – резиновая пористая прокладка; 10 – слив из оцинкованной

стали; 11 – набетонка из легкого бетона; 12 – цементный раствор

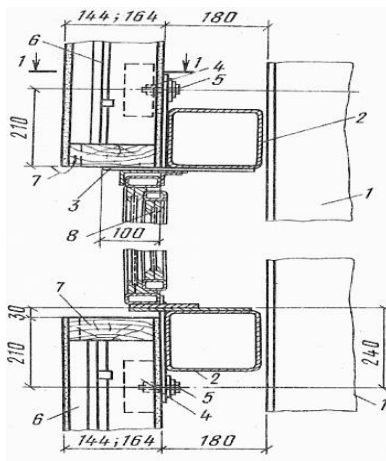


Рис. 29.11. Сопряжение асбестоцементных каркасных панелей с окном: 1 – колонна каркаса; 2 – стальной ригель; 3 – стальной опорный столик; 4 – стальной закладной уголок; 5 – болт; 6 – стенная панель; 7 – продух; 8 – окно со стальными переплетами

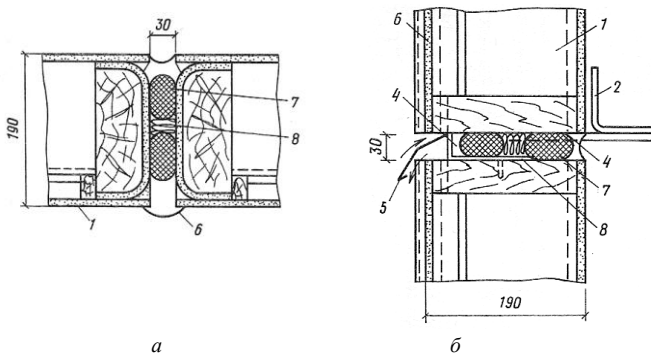


Рис. 29.12. Горизонтальный (а) и вертикальный (б) стыки асбестоцементных каркасных панелей: 1 – стенная панель; 2 – ригель; 4 – мастика; 5 – стальной слив; 6 – нащельник; 7 – прокладка; 8 – утеплитель

Асбестоцементные панели обоих типов имеют вентилируемую прослойку, в связи с чем в деревянных элементах предусмотрены вентиляционные прорези.

Стены из асбестоцементных панелей с деревянным и асбестоцементным каркасами относятся к категории трудногораемых конструкций.

Конструктивно навесные стены из асбестоцементных панелей решены навесными и имеют привязку к координационным осям, аналогичную привязке металлических стен (180 мм).

Каждый ряд панелей устанавливают на стальные столики, приваренные к стальным ригелям, воспринимающим вертикальную и ветровую нагрузки от панелей. К ригелям панели крепят с помощью болтов, винчиваемых одним концом в гайки, заделанные в панелях, а другим – закрепляемых к стальному ригелю фахверка. Нижние панели устанавливают на цокольную часть стены, которая выполняется из легкобетонных блоков, панелей или кирпича.

Стены из экструзионных асбестоцементных панелей имеют горизонтальную разрезку и предназначены для отапливаемых зданий с нормальным температурно-влажностным режимом, с неагрессивной или слабоагрессивной газовой средой.

Стены эти решены навесными при шаге колонн и стоек фахверка равном 6 м. Нижние панели устанавливают на цоколь, выполненный из кирпича или легкобетонных панелей (рис. 29.13).

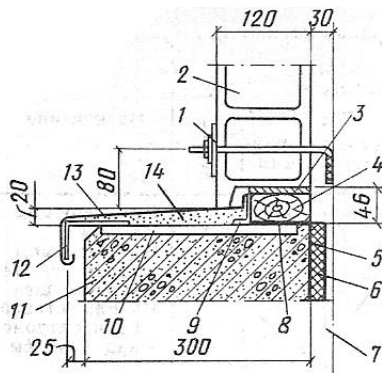


Рис. 29.13. Сопряжение экструзионной панели с цоколем:
 1 – крепежный элемент; 2 – панель; 3 – резиновая прокладка;
 4 – деревянный брус; 5 – клей; 6 – ДВП изоляционная;
 7 – наружная грань колонны; 8 – слой рубероида;
 9 – гнутый уголок; 10 – закладная деталь; 11 – панель цоколя;
 12 – уголок; 13 – слив; 14 – цементный раствор

На глухих участках стен и над проемами панели опирают на столики, предусмотренные на колоннах и стойках фахверка. Номинальная

длина панелей составляет 6 м, высота – 0,6 м, толщина – 120...180 мм. В качестве утеплителя применяются жесткие минераловатные плиты.

В стенах из экструзионных асбестоцементных панелей над оконными проемами предусматривают ветровые ригели, необходимые для крепления переплетов и воспринимающие ветровую нагрузку с соответствующей площади остекления. При наличии нескольких ярусов оконных проемов ветровые ригели устанавливают также и под проемами.

Для крепления стен выше уровня верха колонн к оголовкам колонн и опорам стропильных ферм приваривают стальные надставки из сварного тавра. Крепления панелей к колоннам, надставкам и стойкам фахверка осуществляют с помощью специальных соединительных деталей (рис. 29.14).

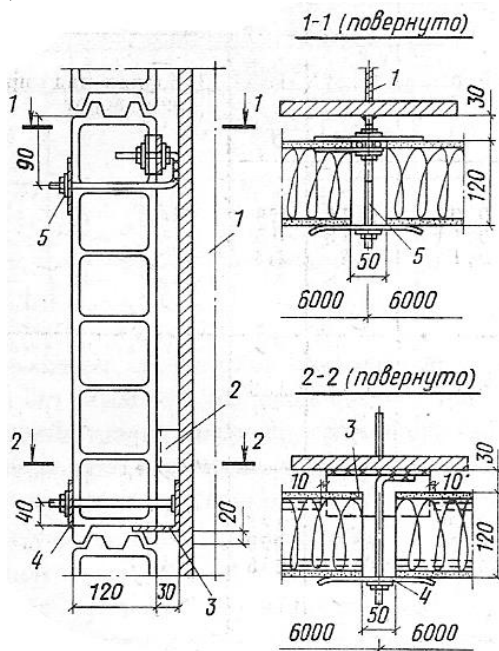


Рис. 29.14. Крепление экструзионной панели к колонне
 1 – колонна; 2 – гнутый швеллер; 3 – опорный столик из уголка;
 4 – соединительный элемент; 5 – соединительный рядовой элемент

Стыки между панелями утепляют теплоизоляционными вкладышами, уплотняют пористыми резиновыми прокладками и промазывают нетвердеющими мастиками (рис. 29.15). Нашельники и фасонные элементы для устройства сливов, обрамления проемов и другие элементы выполняют из оцинкованной кровельной стали.

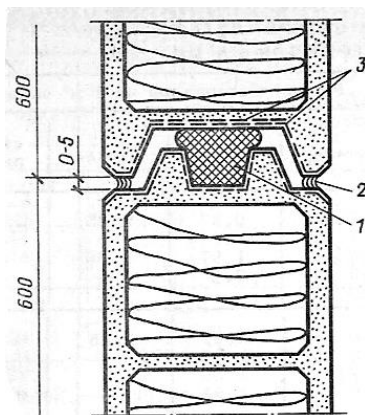


Рис. 29.15. Горизонтальный стык стеновых экструзионных панелей:
 1 – пористая резиновая прокладка;
 2 – герметизирующая мастика;
 3 – мастика КН-2 или КН-3

Для повышения долговечности и эстетичности стены из экструзионных панелей окрашивают атмосферостойкими перхлорвиниловыми или акриловыми красками или сополимерными эмалями.

Глава 30. ОКНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Форму, размеры и места расположения оконных проемов в промышленных зданиях выбирают на основании светотехнического расчета в целях обеспечения нормативного освещения для работающих и технологического процесса.

При проектировании естественного освещения здания учитывают ряд факторов: назначение здания, особенности микроклимата помещений, климатические условия района строительства и др.

Световые проемы предусматривают в стенах (естественное боковое освещение) здания виде отдельных окон или лент (одна или несколько

лент по высоте) и при необходимости в покрытии (верхнее освещение через фонари).

Окна должны обеспечивать необходимую освещенность, воздухообмен, теплозащиту здания, быть долговечными, прочными и эстетичными.

В промышленных одноэтажных зданиях окна занимают значительную площадь в ограждающих стеновых конструкциях, поэтому при назначении их размеров должны учитываться и экономические факторы.

Сплошное остекление целесообразно выполнять для зданий с избыточным выделением тепла, а также для зданий со взрывоопасными производствами.

Конструкции окон испытывают как силовые, так и несиловые воздействия. К нагрузкам силового характера относят ветровые, снеговые, а также монтажные нагрузки. К несиловым воздействиям относятся: температурно-влажностные деформации, шум, солнечная радиация, пыль, атмосферные осадки, агрессивные химические примеси воздушной среды и т. п.

Остекление в окнах может быть одинарным, двойным или тройным.

Номинальные размеры оконных проемов по ширине и высоте принимают кратными 600 мм. Расстояние от уровня чистого пола здания до низа проема назначают 1,2, 1,8 м и более. Заполнение светопроемов осуществляют отдельными переплетами или панелями полной заводской готовности.

По материалу окна делят: на деревянные, железобетонные и металлические.

Металлические окна со стальными переплетами. Каркас таких окон представляет собой вертикальные импосты, расположенные через 1,5...2 м, которые приваривают к закладным элементам перемычных панелей. К импостам на болтах крепят глухие переплеты или рамы с открывающимися фрамугами: верхней, средней или нижней подвески.

Переплеты изготавливают из прокатных профилей на сварке. Жесткость окон обеспечивают импостами и рамами (уголками по периметру). При высоте проема более 8,4 м предусматривают ветровые ригели из швеллеров и уголков (рис. 30.1).

Окна с переплетами из спаренных труб и из гнутых профилей применяют для помещений с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом при отсутствии агрессивных сред; окна с переплетами из одинарных труб – для помещений со среднеагрессивной средой.

Для заполнения окон применяют стекло толщиной 4 мм и клееные стеклопакеты толщиной 32 мм. Одинарное остекление и стеклопакеты крепят к переплетам с помощью резиновых профилей.

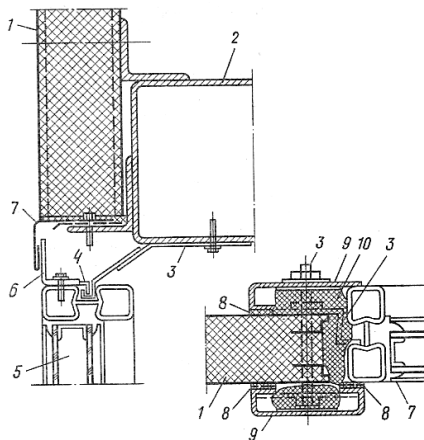


Рис. 30.1. Сопряжение стальных переплетов со стенами:
 1 – стеновая панель; 2 – ригель; 3 – крепежный элемент;
 4 – планка на переплете; 5 – окно; 6 – уголок; 7 – слив;
 8 – уплотнитель; 9 – нащельник; 10 – утеплитель

Стальные окна выполняют и из готовых стальных панелей. Оконные панели соединяют между собой стальными планками и болтами, а с колоннами – аналогично соединениям стеновых панелей. Панели нижнего яруса устанавливают на цоколь по слою из цементно-песчаного раствора. Вертикальные швы закрывают нащельником, а горизонтальные – заполняют мастикой и закрывают стальными сливами. Стекла к переплетам крепят резиновыми профилями или алюминиевыми штапиками.

Хорошими технико-экономическими показателями обладают проемы из переплетов и оконных панелей, выполненных из спаренных тонкостенных труб. В таких проемах высотой более 3,6 м устраивают ветровые ригели, которые крепят к колоннам каркаса или простеночным панелям. Переплеты крепят к закладным элементам и ветровым ригелям через 1,5 м. Швы между оконными панелями заполняют резиновыми профилями, гермитовыми шнурами, тиоколовой мастикой и снаружи закрывают алюминиевым нащельником.

Стальные заполнения оконных проемов обладают достаточной прочностью, хорошей светопрозрачностью. К их недостаткам следует отнести коррозию.

Алюминиевые переплеты имеют теплотехнические характеристики, практически не отличающиеся от характеристик аналогичных окон со стальными переплетами. Алюминиевые окна предназначены для

зданий с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом при отсутствии агрессивных сред.

Унифицированные конструкции алюминиевых окон изготавливают с одинарным остеклением, с двойным остеклением стеклопакетами в одинарном переплете с термокладышем, с двойным и тройным остеклением (стеклопакеты и стекло) в отдельных переплетах.

Максимальная высота оконных проемов с алюминиевыми переплетами не должна превышать 7,2 м. Окна крепят к ригелям. Вес окон и ветровая нагрузка воспринимаются ригелями и докольными панелями.

Окна состоят из алюминиевой коробки и створок, изготавливаемых из алюминиевых профилей. Стекла и стеклопакеты устанавливают в переплетах на опорные фиксирующие прокладки. Остекление закрепляют алюминиевыми профильными штапиками-защелками через резиновые профили (рис. 30.2).

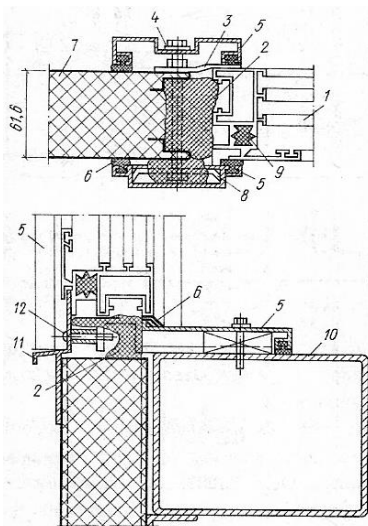


Рис. 30.2. Сопряжение алюминиевых переплетов со стенами:
 1 – окно; 2 – утеплитель; 3 – планка; 4 – болт; 5 – нащельник;
 6 – уплотнитель; 7 – стена; 8 – скоба; 9 – термокладыш;
 10 – ригель; 11 – слив; 12 – винт

Железобетонные переплеты используются в зданиях с повышенной влажностью воздуха и при нормальном температурно-влажностном режиме. Эти окна выполняют из отдельных переплетов и в виде готовых стекложелезобетонных панелей, имеющих длину 6 м.

Железобетонные переплеты стыкуют по высоте без оконных коробок, соединяя между собой цементно-песчаным раствором. Крепят их к откосам проемов за счет выпусков арматуры, а переплеты верхнего яруса – с помощью ершей. Швы между переплетами и стеной заделывают раствором, а зазор между перемычкой и переплетом (10 мм) – эластичными синтетическими материалами.

Железобетонные переплеты не подвергаются загниванию и коррозии, но трудоемки в изготовлении и тяжелы в устройстве.

Деревянные переплеты и панели применяют во временных зданиях и в зданиях с нормальным температурно-влажностным режимом.

Отдельные переплеты-блоки состоят из коробок и створок (раздельных и спаренных). Блоки располагают в один или несколько ярусов. При высоте проема более 7,2 м между ярусами блоков укладывают деревянные ригели. Ригели и деревянные импосты, устанавливаемые через 3 м по ширине проема, воспринимают ветровые усилия. Крепят оконные блоки к откосам, перемычкам, ригелям и импостам гвоздями и ершами. Стыки конопатят паклей и закрывают нащельником.

В стенах из крупных панелей ленточные и сплошные световые проемы целесообразно заполнять деревянными панелями. Панели имеют размеры 1,3×6 и 1,8×6 м. Они могут быть глухими и с открывающимися створками. Элементы панели соединяют между собой шипами и склеивают. К колоннам панели крепят коротышами из уголков, а между собой – гвоздями. Зазоры между панелями заполняют смоленной паклей или упругими синтетическими материалами и с обеих сторон закрывают нащельниками.

Деревянное заполнение проемов нетрудоемкое в изготовлении, имеет небольшую массу, но возгораемое, подвержено короблению и загниванию, менее прочное и светоактивное в сравнении с другими материалами, применяемыми для заполнения оконных проемов (рис. 30.3).

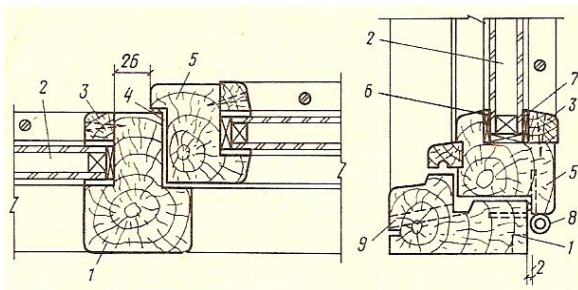


Рис. 30.3. Узлы сопряжения створок деревянных окон с рамой переплета:
 1 – рама; 2 – стеклопакет; 3 – штапик; 4 – уплотнитель; 5 – створка;
 6 – мастика; 7 – прокладка; 8 – петля; 9 – отверстие для стока воды

Беспереплетное заполнение оконных проемов. К беспереплетным заполнениям относят стеклоблоки, листы из стеклопластика и профильное стекло.

Заполнения из стеклоблоков обеспечивают герметичность ограждений, повышенное сопротивление теплопередаче, снижают тепловую радиацию. Они гигиеничны, легки в уборке.

Заполнения оконных проемов из стеклоблоков применяют в промышленных зданиях с кондиционированием воздуха и вакуумной гигиеной (приборостроение, радиоэлектроника и т. п.) и для производств с повышенными гигиеническими требованиями (предприятия пищевой и легкой промышленности, часовые заводы и т. п.).

К недостаткам ограждений из стеклоблоков следует отнести возможные их разрушения в связи с усадочными и температурными деформациями от неравномерного прогрева и разности коэффициентов линейного расширения стекла и материала швов (бетона, раствора).

В промышленных зданиях для заполнения оконных проемов применяют стекложелезобетонные панели, имеющие номинальную длину 6 м, в которых светопрозрачным элементом служат стеклоблоки. Панели устанавливают на стальные столики и крепят к колоннам, как и стеновые панели. Швы между панелями заполняют жгутами из поролона или гернита и промазывают мастикой. Стекложелезобетонные панели дешевле стальных на 40...60 %.

В зданиях со стенами из волнистых асбестоцементных или алюминиевых листов целесообразны светопрозрачные ограждения из **волнистых стеклопластиков**. Стеклопластиковые листы по размерам и профилю соответствуют алюминиевым и асбестоцементным листам и имеют толщину 1,5...2,5 мм. Крепление их к ригелям аналогично креплениям асбестоцементных и алюминиевых листов.

Заполнение оконных проемов **профильным стеклом** осуществляют из отдельных элементов и из панелей. Стеклопрофилит (стекор) имеет сечение в виде швеллера, двойного швеллера и коробки (коробчатого сечения).

В неотапливаемых зданиях применяют стекор швеллерного сечения; в отапливаемых – коробчатого типа на высоту не менее 2,4 м от пола (выше возможно применение стекора швеллерного типа); в герметических зданиях – только коробчатого типа стекор (рис. 30.4).

Стекор применяют для ленточного остекления высотой 1,8...3,6 м и остекления отдельных проемов высотой 2,4...6 м. При сплошном остеклении высотой до 15,6 м в проемы устанавливают стальной фахверк из горизонтальных ригелей, которые располагают между ярусами остекления и вертикальных импостов-тяжей, связывающих ригели

между колоннами. Стальные горизонтальные ригели опирают на опорные консоли колонн.

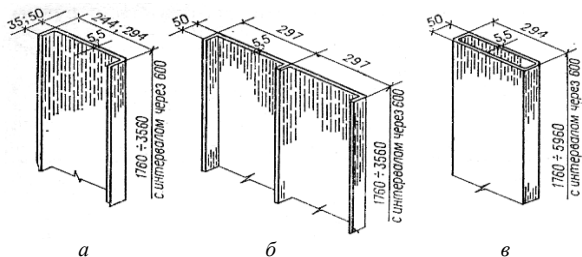


Рис. 30.4. Типоразмеры профильного стекла (стека):
 а – стекор швеллерного типа; б – стекор двойного швеллерного типа;
 в – стекор коробчатого типа

Стекор крепят к стеновым перемычным панелям и ригелям с помощью винтов, скрепляющих обоймы стека с крепежными уголками (рис. 30.5).

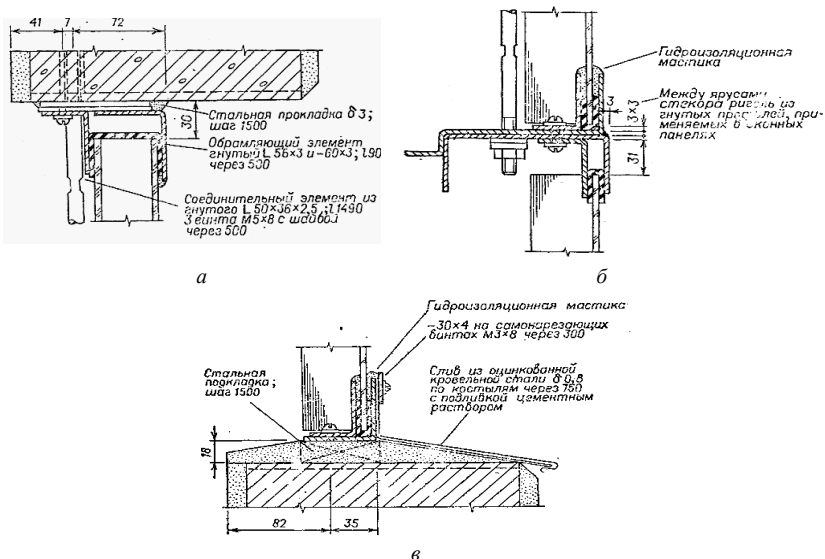


Рис. 30.5. Оконные заполнения из стеклопрофилита:
 а – крепление коробчатого стека к перемычной панели;
 б – крепление стека швеллерного типа к ригелю;
 в – крепление стека швеллерного типа к цоколю

Обоймы образуют непрерывным обрамляющим гнутым уголком. Сопряжение уплотняют прокладками из морозостойкой резины и защищают от увлажнения гидроизоляционной мастикой.

На основе стеклопрофилита изготавливают панели. Панели с заполнением стекором швеллерного типа имеют номинальные размеры 1,8×6, 2,4×6 м, корыччатого типа – 1,8×6, 2,4×6 и 3×6 м.

Панель представляет собой стальную раму из гнутых профилей на сварке, заполненную стекором. Для обеспечения жесткости в вертикальных швах панели с шагом 1 м размещают тяжи. В местах соприкосновения стеклопрофилита с рамой устанавливают прокладки из губчатой резины.

Панели опирают на стальные столики и крепят к колоннам анкерами и болтами. Швы между панелями заделывают пороизолом и закрывают нащельником.

При заполнении оконных проемов стеклопрофилитом, стеклоблоками, стеклопластиком или матовым и рифленным стеклами в нижней части окон рекомендуется устраивать узкие ленты из обычного стекла – для психологической связи людей, находящихся внутри здания, с природным окружением.

Глава 31. ФОНАРИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

31.1. Назначение и типы фонарей

В промышленных зданиях большой ширины и длины обеспечить нормативную освещенность через боковые светопроемы (в наружных стенах) не представляется возможным. Поэтому в таких зданиях предусматривают специальные проемы с остекленными надстройками в покрытии, которые называются фонарями. Если фонари служат не только для освещения, но и для проветривания помещения, то они называются светоаэрационными.

По очертанию фонари надстроечного типа подразделяют на прямоугольные, трапециевидные, треугольные, М-образные, шедовые (рис. 31.1).

Прямоугольные фонари просты в устройстве и надежны в эксплуатации. Они имеют вертикально расположенные остекленные поверхности, в связи с чем менее подвержены загрязнению, инсоляции и более водонепроницаемы. Они удобны в очистке. Недостатком их является малая светоактивность: при одной и той же освещенности их площадь должна быть в 1,5 раза больше, нежели площадь фонарей с наклонным остеклением.

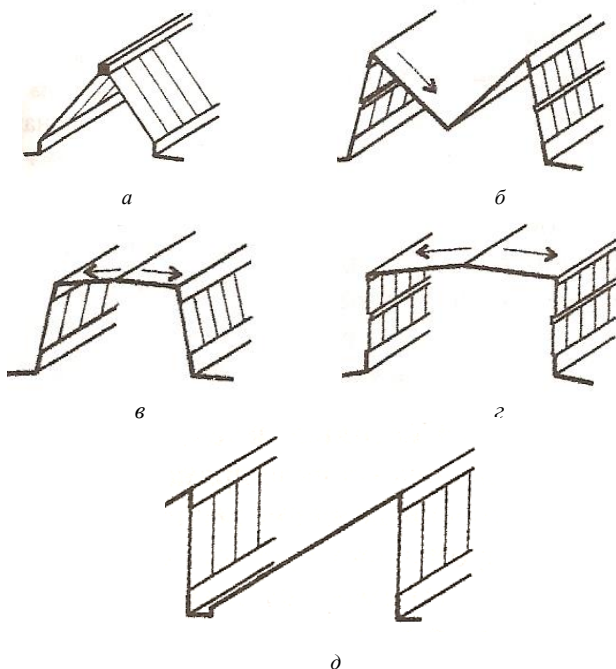


Рис. 31.1. Фонари надстроечного типа: *а* – треугольный; *б* – прямоугольный; *в* – трапециевидный; *г* – М-образный; *д* – шедовый

В трапециевидных фонарях остекление расположено под углом $70\dots 80^\circ$ к горизонту. Эти фонари отличаются хорошей светоактивностью. Но повышенная инсоляция, загрязняемость, а также протекание при открытых переплетах и сложное конструктивное решение ограничивают их использование.

В треугольных фонарях плоскость остекления располагается под углом 45° к горизонту. Их проектируют только с глухими переплетами.

М-образные светоаэрационные фонари устраивают как с вертикальным, так и с наклонным остеклением. Применяют их в зданиях, где требуется интенсивный воздухообмен.

Шедовые фонари имеют вертикальное остекление и наклонное покрытие. Они хорошо изолируют помещение от прямых солнечных лучей, создают рассеянное, равномерное освещение, но сложны в устройстве и менее экономичны по сравнению с вышеописанными фонарями.

Основным недостатком рассмотренных фонарей является накопление снега рядом с ними, т. е. образование, так называемых снеговых мешков на кровле здания. В связи с этим более совершенной является конструкция зенитного фонаря.

Зенитные фонари имеют светопрозрачные поверхности в плоскости покрытия. Светопрозрачные ограждения устраивают из стеклоблоков, стеклопластика и органического стекла. Зенитные фонари высокосветоактивны (по сравнению с прямоугольными надстроечного типа фонарями требуют в 2 раза меньшую площадь); обеспечивают равномерную освещенность; имеют небольшую массу и хорошие эксплуатационные качества. К их недостаткам относят повышенную загрязняемость и заносимость снегом.

Фонари надстроечного типа проектируют незадуваемыми. Длина их составляет 84...120 м. Расстояние от торца фонаря до наружной стены, а также между торцами фонарей не должно быть менее 6 м.

Размеры и количество фонарей определяют на основе светотехнического расчета.

Унифицированные светозащитные фонари прямоугольного типа имеют ширину 6 м для пролетов 12 и 18 м и ширину 12 м для пролетов 24, 30 и 36 м (рис. 31.2).

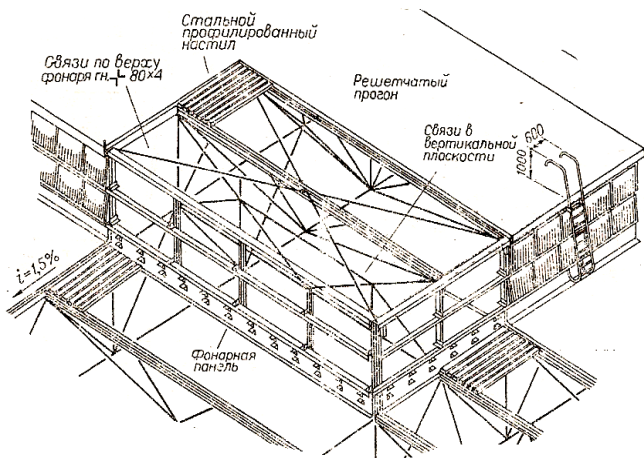


Рис. 31.2. Общий вид фонаря с кровлей по стальному профилированному настилу

Номинальная высота остекления в них принята:

- при ширине фонаря 6 м – 1×1500, 1×1750, 2×1250 мм;
- при ширине фонаря 12 м – 1×1750, 2×1250, 2×1500 мм.

Для обеспечения равномерного освещения расстояние между осями смежных фонарей должно быть:

- при прямоугольных фонарях – не более $3,5H_{\text{ф}}$;
- при других типах фонарей, в том числе и зенитных – не более $3,5H_{\text{ф}}$, где $H_{\text{ф}}$ – расстояние от рабочей плоскости до низа остекления фонаря.

Под остеклением фонарей следует предусматривать защитные металлические сетки.

31.2. Конструкции фонарей

Несущие конструкции фонарей представляют собой рамы: в покрытии по железобетонным фермам и балкам они могут быть выполнены из железобетона или стали, в покрытиях стальных – стальными, в деревянных – деревянными. Унифицированные несущие конструкции прямоугольных фонарей выполнены стальными. Они включают: фонарные панели, фонарные фермы, торцевые панели фонарей и связи жесткости.

Стальные фонарные панели (рис. 31.3) состоят из стоек, горизонтальных элементов и листовой обшивки, предусмотренной в пределах высоты борта фонаря. Располагают их вдоль здания в плоскости остекления фонаря и опирают на стропильные конструкции. Верхними горизонтальными опорами для них служат фонарные фермы и фонарные торцевые панели. Панель имеет номинальную длину 12 м.

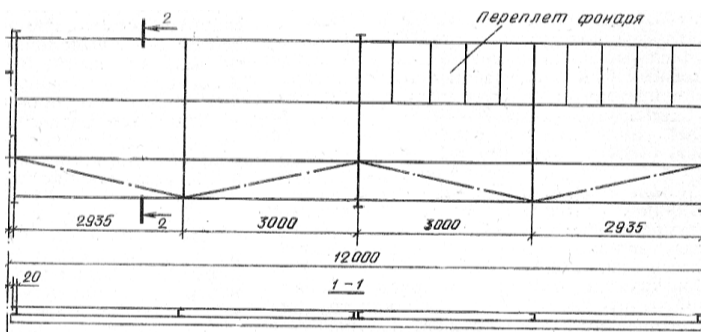


Рис. 31.3. Конструкция фонарной панели

Фонарные фермы и торцевые панели опирают на верхние пояса стропильных конструкций. Их ширина составляет 6 или 12 м. В кон-

структивном плане они представляют собой систему стоек, горизонтальных элементов и раскосов.

Несущие конструкции изготовляют из холодногнутых или горячекатаных швеллеров и уголков. Крепят их к стропильным балкам и фермам с помощью болтов и сварки (рис. 31.4).

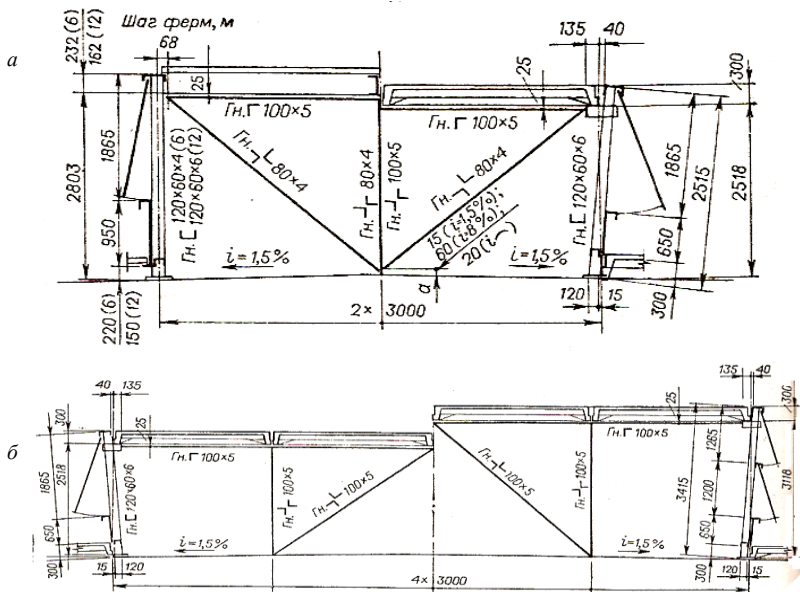


Рис. 31.4. Схемы разрезов по фонарю: а – шириной 6 м; б – шириной 12 м

Поверх фонарных панелей и ферм устраивают покрытие фонаря, конструкция которого аналогична конструкции основного покрытия пролета.

Торцы фонарей с утепленным покрытием делают трехслойными по стальному каркасу: между двумя асбестоцементными обшивками размещают утеплитель из цементного фибролита. Для наружной обшивки применяют волнистые, а для внутренней – плоские асбестоцементные листы. Торцы неутепленных фонарей обшивают асбестоцементными листами по стальному каркасу.

Стекла укрепляют в переплетах швеллерного или таврового сечений с помощью кляммеров из оцинкованной стали и промазывают водостойкими замазками.

В зависимости от назначения фонаря (световой или светоаэрационный) (рис. 31.5) переплеты устраивают глухими или открывающимися.

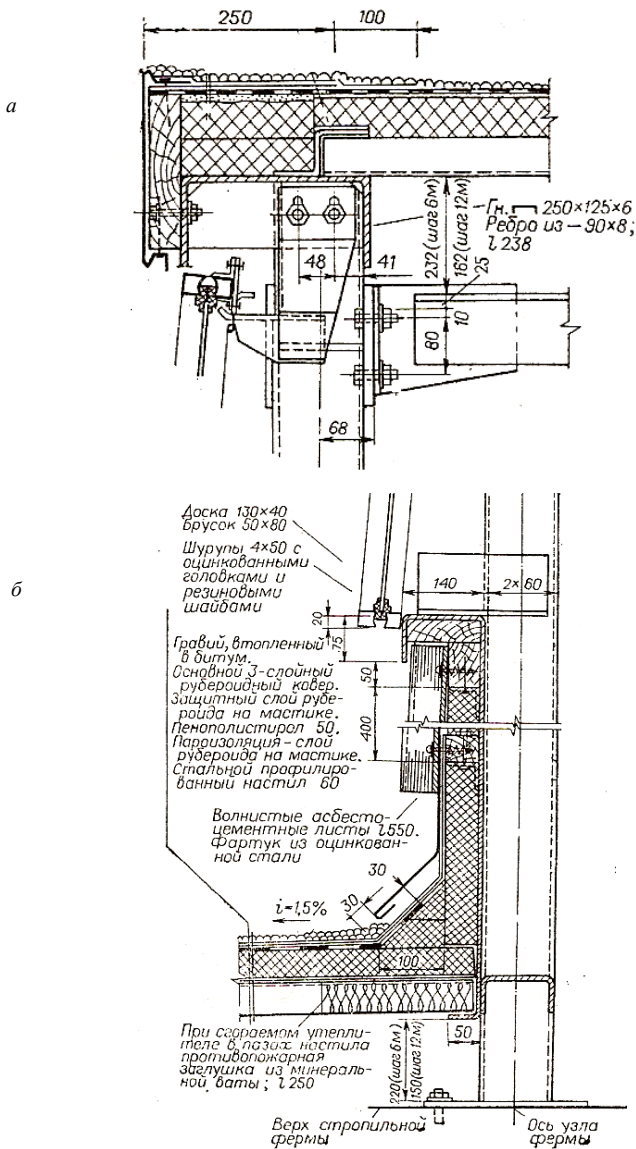


Рис. 31.5. Конструкция светоаэрационного фонаря:
а – карнизный узел фонаря; б – бортовой элемент фонарной панели

Для улучшения аэрации фонари могут быть снабжены ветрозащитными панелями. Панели представляют собой легкий стальной каркас, обшитый асбестоцементными волнистыми листами, который подвешивают к конструкциям фонаря.

Пространственную жесткость фонарей обеспечивают горизонтальные связи по верху фонарей, воспринимающие продольные усилия от ветровой нагрузки, и вертикальные связи между фонарными фермами, передающие усилия с горизонтальных связей на диск покрытия по стропильным фермам. Связи устанавливают в средних и крайних шагах температурного блока. Их подразделяют:

- 1) на связи в плоскости верхнего пояса фонарных ферм в виде крестовой схемы;
- 2) связи в плоскости стоек фонарных ферм в виде ферм с параллельными поясами;
- 3) связи в плоскости верхнего пояса стропильных ферм, располагаемых с шагом 12 м, в виде раскосов, обеспечивающих развязку стропильных ферм в подфонарном пространстве.

Аэрационные фонари (рис. 31.6) предназначены для проветривания неотапливаемых зданий с избыточными тепловыделениями путем вытяжки отработанного или притока наружного воздуха. Они предусмотрены для покрытий с шагом стропильных ферм 12 м, перекрытых стальными щитами шириной 3 и 0,75 м (рис. 31.7).

Аэрационные фонари имеют прямоугольное очертание. Их располагают посередине пролетов вдоль конька, а в двухпролетных зданиях – вдоль среднего ряда колонн.

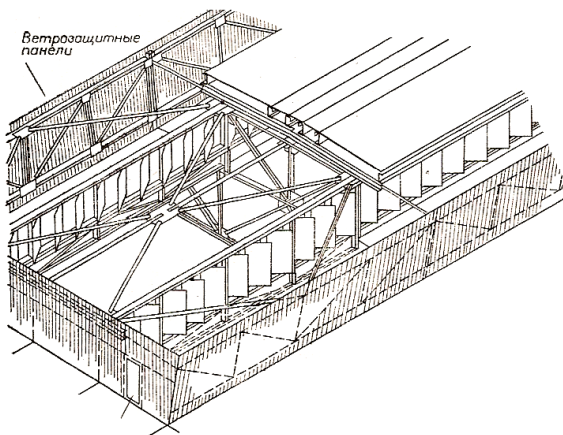


Рис. 31.6. Общий вид аэрационного фонаря

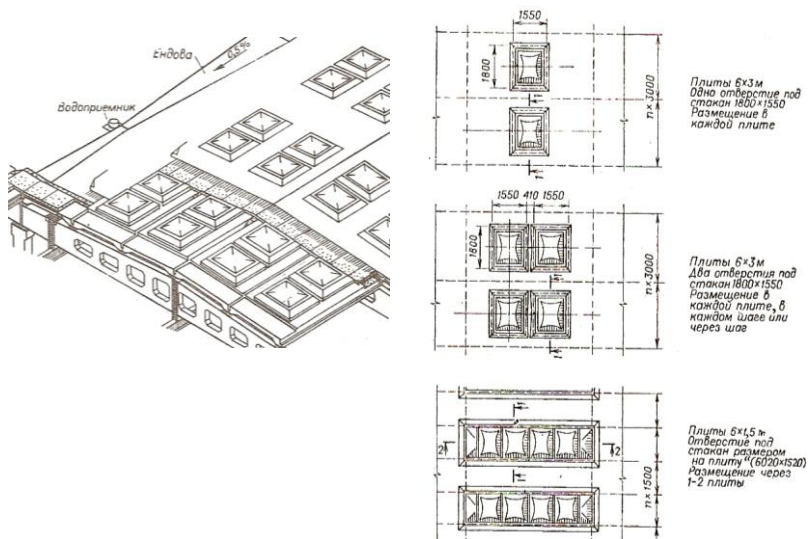


Рис. 31.8. Расположение зенитных фонарей в покрытии

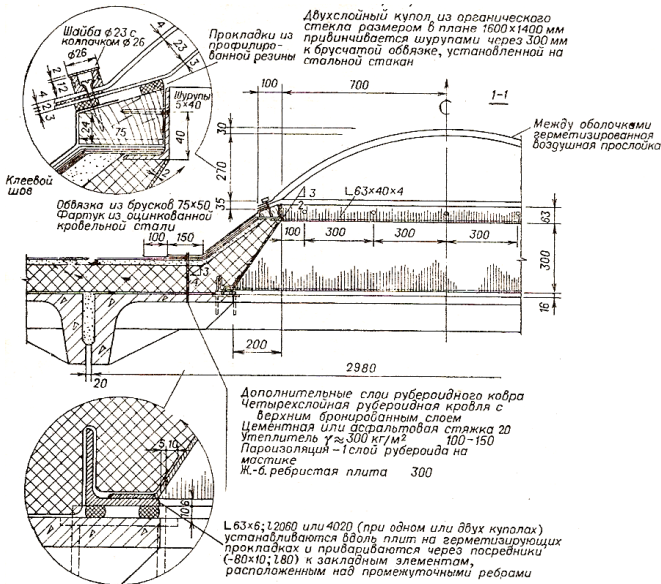


Рис. 31.9. Конструкция светопрозрачного купола из оргстекла размером 1,8×1,5 м

Глава 32. ПОЛЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Требования, предъявляемые к полам промышленных зданий:

- должны обладать высокой механической прочностью;
- иметь ровную и гладкую поверхность;
- не скользить;
- мало истираться;
- не пылить;
- иметь хорошую эластичность, чтобы не повреждать предметы, падающие на пол;
- быть бесшумными при ходьбе и езде;
- обладать стойкостью при возгорании;
- обладать водонепроницаемостью;
- быть стойкими к агрессивной среде (к щелочам, кислотам и т. п.);
- не вызывать искрения;
- быть индустриальными;
- легко ремонтироваться и очищаться;
- быть экономичными (стоимость полов составляет от 5 до 25 % от общей стоимости одноэтажного производственного здания).

В максимальной степени пол промышленного здания должен удовлетворять тем требованиям, которые вытекают из специфики данного производства.

В одноэтажных промышленных зданиях полы устраивают по грунту. Основными элементами пола являются:

- покрытие;
- подстилающий слой, распределяющий нагрузки на основание;
- прослойка (связующий слой между покрытием и подстилающим слоем);
- стяжка (устраивается для создания жесткой корки по нежестким и пористым материалам или для придания полу уклона);
- гидроизоляция;
- теплоизоляция.

По типу покрытия полы делят: на сплошные и из штучных элементов. К сплошным полам относятся: бетонные, ксилолитовые, пластмассовые, цементные, асфальтовые, щебеночные, глинобитные и т. п. К полам из штучных элементов относят: плиточные, рулонные, брусчатые, дощатые и др. (рис. 32.1).

Подстилающие слои могут быть песчаными, шлаковыми, гравийными, щебеночными, глинобитными, булыжными, бетонными и др. Толщина подстилающего слоя назначается по расчету и должна быть не менее: песчаного – 60 мм; шлакового, гравийного, щебеночного, глинобитного – 80; булыжного – 120; бетонного – 100 мм.

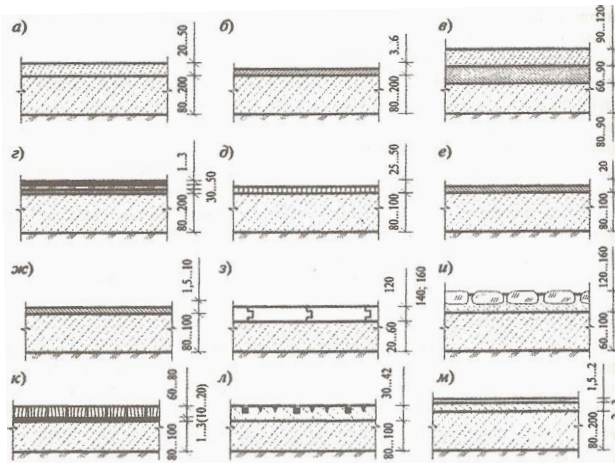


Рис. 32.1. Основные типы полов производственных зданий:

- а – бетонные; б – металлоцементные; в – жаростойкие бетонные; г – силикатные;
 д – асфальтобетонные; е – полимерцементнобетонные; ж – полимерные наливные;
 з – сборные из комплексных бетонных плит; и – брусчатые каменные;
 к – из торцевой деревянной шашки; л – из металлических плит; м – из линолеума

Сыпучие подстилающие слои устраивают для полов из штучных материалов и при плотных грунтах основания, а бетонные – для сплошных полов и при слабых грунтах основания.

Прослойки выполняют из цементно-песчаного раствора, жидкого стекла, битумной или дегтевой мастики и из песка. В полах с покрытием из чугунных и стальных плит прослойки устраивают песчаными или из мелкозернистого бетона.

Стяжки выполняют из цементно-песчаного раствора, ксилолита, бетона.

Гидроизоляция, устраиваемая для защиты полов от сточных вод и других жидкостей, располагается под покрытием пола, а для защиты от капиллярного поднятия грунтовых вод – под подстилающим слоем. В первом случае ее выполняют оклеечной: 2...4 слоя изола или гидроизола; 3...5 слоев толя, толь-кожи на соответствующих мастиках. Во втором случае гидроизоляция выполняется наливная из одного слоя щебня, пропитанного битумом; асфальтовая, асфальтобетонная или оклеечная из двух слоев изола, гидроизола на мастике.

Звуко- и теплоизоляцию устраивают из минераловатных стекловолоконистых плит, ДВП, легких бетонов и сыпучих материалов (шлак, песок и т. п.).

Грунты основания должны исключать возможность общих и местных деформаций пола. Слабые грунты укрепляют трамбованием.

Глава 33. ЛЕСТНИЦЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Лестницы производственных зданий подразделяют на основные, служебные, пожарные и аварийные.

Основные лестницы проектируют для сообщения между этажами, а также для эвакуации людей в чрезвычайных ситуациях. Конструктивные решения основных лестниц промышленных зданий не отличаются от конструктивных решений лестниц гражданских зданий.

Служебные лестницы предусматривают для прохода к рабочим местам, для осмотра и обслуживания оборудования и других целей. Выполняют их из экономичных гнутых металлических профилей (швеллеров и уголков). Крепят такие лестницы к полу, строительным конструкциям или оборудованию. Марши служебных лестниц шириной 600...1000 мм имеют уклон 45°. Ступени и площадки изготавливают из штампованных элементов или решетчатой конструкции. В маршах таких лестниц предусматривают ограждения с поручнями.

Для индивидуального пользования устраивают стремянки шириной 600 мм, которые устанавливают под углом 90°.

Пожарные лестницы предусматривают для зданий, имеющих высоту до верха парапета или карниза 10 м и более, перепады высоты и у торцов фонарей. Размещают их снаружи на глухих участках стен. При высоте здания, не превышающей 30 м, марши шириной 600 мм располагают вертикально. При высоте здания более 30 м лестницы проектируют с маршами шириной 700 мм с углом наклона не менее 80° и промежуточными площадками через 8 м по высоте. Расстояние между пожарными лестницами по периметру здания принимают не менее 200 м. Крепят лестницы к стенам или каркасу здания стальными анкерами из уголков или швеллеров, располагаемых по высоте через 2,4...3,6 м.

Аварийные лестницы в промышленных зданиях предусматривают для эвакуации в случаях пожара или аварийных ситуациях. Их размещают, как и пожарные лестницы, снаружи здания. Лестницы проектируют многомаршевыми и сообщающимися с помещениями через площадки или балконы на уровне эвакуационных выходов. Аварийные лестницы должны иметь уклон 45°, ширину марша 700 мм и ограждения высотой 800 мм. Изготавливают их стальными или железобетонными в конструкциях аналогичных пожарным лестницам.

В промышленных зданиях высотой 10 м и более необходимо устраивать выходы на крышу из расчета один выход на каждые 40000 м² кровли. В одноэтажных зданиях выходы на крышу проектируют наружными по стальной лестнице, в многоэтажных – через лестничную клетку.

Глава 34. ДВЕРИ И ВОРОТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Двери производственных зданий имеют номинальные размеры: от 1 до 2 м по ширине и 1,8...2,4 м по высоте. **По конструкции** они бывают: одно- и двупольные; распашные и откатные; **по материалу** – деревянные, металлические, стеклянные.

Эвакуационные двери проектируют только распашными и открывающимися наружу, по направлению движения. Глубина тамбура производственного здания назначается из расчета: ширина полотна двери плюс 0,4...0,5 м.

Дверные проемы обрамляют коробками. Деревянные коробки изготовляют из брусков и крепят гвоздями или ершами, забивая их в пробки, заложенные в стены. Деревянные полотна выполняют из клееных щитов или ДСП с облицовкой. Нижнюю часть полотна (60 см) обшивают оцинкованным железом.

В противопожарных деревянных дверях полотна выполняют из щитов, между которыми располагают асбестовый картон. Деревянные коробку и полотно пропитывают антипиренами.

Стальные двери имеют коробку и обвязку полотен из холодногну-тых оцинкованных и окрашенных профилей, а полотна – из полужестких минераловатных плит, обшитых с двух сторон стальными листами толщиной 2 мм. Горизонтальные и вертикальные элементы обвязок коробки и полотна соединяют между собой при помощи уголков и самонарезающих винтов.

Стеклянные двери имеют обвязку из стальных или алюминиевых профилей с наличниками из пластмассы. Полотна выполняют из закаленного стекла (сталинита) качающимися.

Ворота в промышленных зданиях для проезда транспорта устраивают с учетом габаритов транспортных средств в груженом состоянии. Так, высота ворот для безрельсового транспорта назначается не менее чем на 200 мм больше высоты транспортного средства, а ширина – не менее чем на 600 мм. Размеры проемов должны превышать размеры ворот не менее чем на 600 мм.

В цехах с большой интенсивностью людских потоков ворота используют и для прохода людей. Для этого в одном из полотен ворот предусматривают калитку.

Расстояние между воротами назначают из технологической целесообразности и условий эвакуации из помещений.

Железнодорожные раздвижные ворота для железной дороги нормальной колеи имеют размеры 4,9×5,4 м.

Типовые ворота имеют размеры: 2,4×2,4 м; 3,0×3,0; 3,6×3,0; 3,6×3,6; 3,6×4,2; 4,8×5,4 м.

Снаружи ворот устраивают въездные пандусы с уклоном до 10 %.

Раздвижные ворота состоят из створок, рамы, направляющих и необходимых механизмов для движения створок. Конструкция створок ворот представляет собой каркас из стальных труб, заполненный филенками, которые выполняются из органического стекла, пластика или могут быть трехслойными металлическими с утеплителем из цементного фибролита. Стойки рамы выполняют трубчатого сечения одиночными, а ригель – из двух труб с наружной обшивкой из стального листа и утеплителем. При установке ворот в панельных стенах пространство между стойками рамы и соседними панелями заполняют кирпичом. При этом рама ворот выступает за лицевую линию кладки на 25 мм (рис. 34.1).

В зависимости от ширины ворот раму опирают на уступы фундаментов колонн каркаса или на самостоятельные фундаменты. В пределах шага колонн, между которыми расположены ворота, фундаментную балку не укладывают.

В промышленных зданиях рекомендуется устраивать ворота качающегося типа. Качающиеся полотна выполняют из резины или прозрачного упругого пластика. Такие ворота до минимума сокращают тепловые потери из помещений.

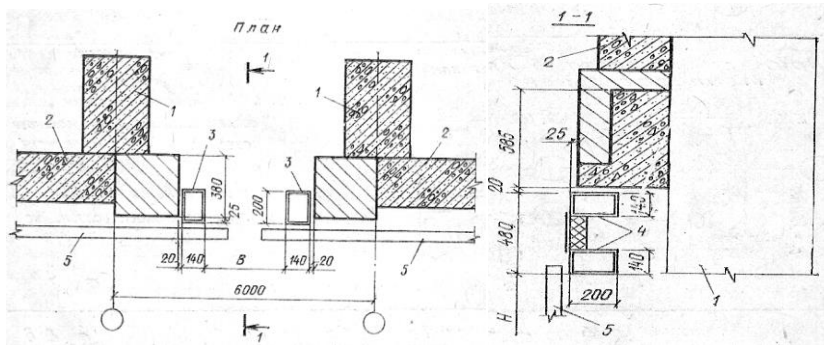


Рис. 34.1. Детали раздвижных ворот:

- 1 – колонна фахверка (для торцевой стены) или основная колонна (для продольной стены); 2 – стеновая панель; 3 – стойка рамы ворот; 4 – ригель рамы ворот; 5 – створка ворот

Ворота производственных зданий по конструкции могут быть распашными, раздвижными, подъемными, подъемно-поворотными и откатными. Наиболее просты в устройстве и надежны в эксплуатации раздвижные и распашные ворота (рис. 34.2).

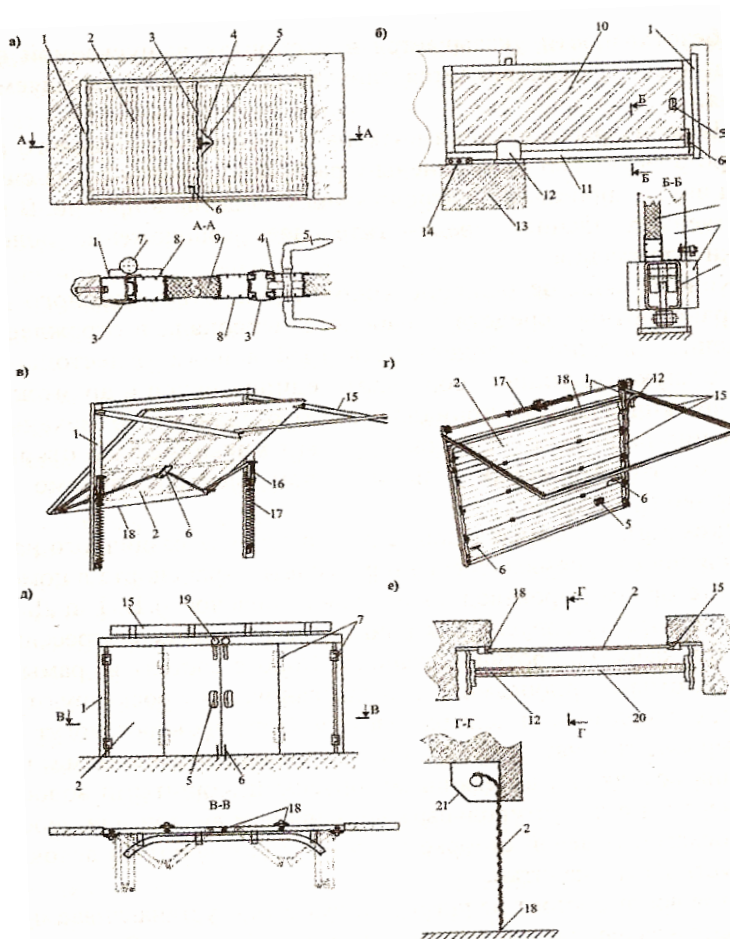


Рис. 34.2. Типы ворот промышленных зданий:

- a* – распашные с утепленным щитовым полотном; *б* – откатные с нижней опорной балкой; *в* – подъемно-поворотные; *з* – подъемно-секционные; *д* – подъемно-вертикальные; *е* – рулонные роллетные; *1* – несущие элементы обрамления пролета; *2* – щитовое полотно; *3* – нащельник притвора с уплотнительной прокладкой; *4* – замок; *5* – ручка; *6* – задвижка; *7* – петля; *8* – металлический профиль рамки (каркаса) полотна; *9* – заполнение полотна («сэндвич»-панель); *10* – щитовое полотно; *11* – нижняя опорная балка; *12* – привод; *13* – силовая (несущая) рама; *14* – роликовые опоры; *15* – направляющие профили; *16* – устройство безопасности ворот; *17* – поворотноравновешивающая система; *18* – уплотнитель; *19* – роликовое устройство перемещения; *20* – устройство намотки полотна; *21* – защитный короб

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабков, В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. – М. : Высш. шк., 1986.
2. Вырко, Н. П. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов / Н. П. Вырко, И. И. Леонович. – Минск : Высш. шк., 1977.
3. Леонович, И. И. Испытание дорожно-строительных материалов / И. И. Леонович, В. А. Стрижевский, К. Ф. Шумчик. – Минск : Высш. шк., 1991.
4. Леонович, И. И. Дорожно-строительные материалы / И. И. Леонович, К. Ф. Шумчик. – Минск : Высш. шк., 1983.
5. Механика грунтов, основания и фундаменты / под ред. С. Б. Ухова. – 3-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2004.
6. Основин, В. Н. Строительные материалы и конструкции / В. Н. Основин, Л. Г. Основина, Л. В. Шуляков. – Минск : Ураджай, 2000.
7. Основин, В. Н. Гидротехнический бетон / В. Н. Основин, Л. В. Шуляков. – Горки, 1997.
8. Основин, В. Н. Справочник по строительным материалам / В. Н. Основин, Л. В. Шуляков Д. С. Дубяго. – Изд. 4-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2007.
9. Перечень нормативных и вспомогательных документов, действующих в дорожном хозяйстве (по состоянию на 01.01.2007 г.). – Минск : Белавтодор, 2007.
10. Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85). – М. : Стройиздат, 1989.
11. Рекомендации по определению прочности бетона эталонным молотком Кашкарова. – М. : НИИ ОУС при МИСИ им. В. В. Куйбышева Минвуза СССР, 1985.
12. Руководство по подбору составов тяжелого бетона. – М. : Стройиздат, 1979.
13. Руководство по применению химических добавок к бетону. – М. : Стройиздат, 1980.
14. Силкин, А. М. Основания и фундаменты / А. М. Силкин, Н. Н. Фролов. – М. : Колос, 1981.
15. Технология строительного производства. Лабораторный практикум / С. Н. Леонович [и др.]. – Минск : Новое знание, 2006.
16. Чаповский, Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Е. Г. Чаповский. – М. : Недра, 1975.
17. Чубуков, В. Н. Строительные материалы и изделия. Практикум : учеб. пособие / В. Н. Чубуков, В. Н. Основин, Л. В. Шуляков. – Минск : Дизайн ПРО, 2000.
18. Строительные материалы и изделия / В. Н. Чубуков [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2003.
19. Шуляков, Л. В. Грунтоведение и строительные материалы / Л. В. Шуляков, В. Н. Основин. – Горки, 1986.
20. Орловский, Б. Я. Гражданские и сельскохозяйственные производственные здания и сооружения : учебник / Б. Я. Орловский, А. Н. Белкин, Р. З. Степанова. – М. : Агропромиздат, 1988.
21. Буга, П. Г. Гражданские, промышленные и сельскохозяйственные здания : учебник / П. Г. Буга. – М. : Высш. шк., 1987.
22. Степанова, В. Э. Основы проектирования агропромышленных комплексов / В. Э. Степанова. – М. : Агропромиздат, 1985.
23. Архитектурное проектирование агроиндустриальных комплексов : учебник / под ред. В. В. Мусатова. – М. : Агропромиздат, 1990.

24. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д. Н. Топчин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985.
25. Хохлова, Л. П. Основы проектирования сельских зданий / Л. П. Хохлова. – М. : Агропромиздат, 1990.
26. Хохлова, Л. П. Проектирование гражданских зданий для села / Л. П. Хохлова. – М. : Агропромиздат, 1988.
27. Гурулев, О. К. Архитектура жилых и общественных зданий для села / О. К. Гурулев. – М. : Стройиздат, 1988.
28. Малков, И. Г. Особенности технологической и архитектурно-планировочной организации сельскохозяйственных комплексов / И. Г. Малков. – Минск : Выш. шк., 1984.
29. Малков, И. Г. Планировка села и усадебная застройка / И. Г. Малков, В. И. Белясов. – Горки, 2002.
30. Сельские жилые и общественные здания. Справочник архитектора. – Киев : Будивельник, 1983.
31. Сельскохозяйственные предприятия. Справочник архитектора. – Киев: Будивельник, 1987.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ..... | 4 |
| Глава 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ..... | 4 |
| 1.1. Оценка качества по форме, размерам, внешнему виду, определение степени обжига (СТБ 1160)..... | 4 |
| 1.2. Определение средней плотности (ГОСТ 7025)..... | 7 |
| 1.3. Определение марки по прочности (ГОСТ 8462)..... | 8 |
| 1.4. Определение известковых включений..... | 13 |
| 1.5. Определение водопоглощения (ГОСТ 7025)..... | 13 |
| 1.6. Определение морозостойкости (ГОСТ 7025)..... | 14 |
| 1.7. Определение качества дренажных керамических труб (ГОСТ 8411)..... | 15 |
| 1.7.1. Оценка качества по внешнему виду, форме и размерам..... | 16 |
| 1.7.2. Определение прочности..... | 18 |
| Глава 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА..... | 19 |
| 2.1. Определение истинной плотности..... | 19 |
| 2.2. Определение насыпной плотности..... | 21 |
| 2.3. Определение тонкости помола (ГОСТ 310.2)..... | 22 |
| 2.4. Определение удельной поверхности цемента..... | 24 |
| 2.5. Определение нормальной густоты цементного теста (ГОСТ 310.3)..... | 28 |
| 2.6. Определение сроков схватывания цементного теста (ГОСТ 310.3)..... | 31 |
| 2.7. Определение сроков схватывания полевым способом..... | 32 |
| 2.8. Определение равномерности изменения объема цемента (ГОСТ 310.3)..... | 32 |
| 2.9. Определение марки цемента по пределу прочности при изгибе и сжатии (ГОСТ 310.4)..... | 34 |
| Глава 3. ИСПЫТАНИЯ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ (ГОСТ 8735)..... | 41 |
| 3.1. Определение влажности песка..... | 41 |
| 3.2. Определение истинной плотности песка ускоренным методом..... | 42 |
| 3.3. Определение насыпной плотности песка..... | 43 |
| 3.4. Определение зернового состава и модуля крупности песка..... | 45 |
| 3.5. Определение содержания глины в комках, пылевидных и глинистых частиц | 49 |
| 3.5.1. Определение содержания глины в комках..... | 49 |
| 3.5.2. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц отмучиванием..... | 50 |
| 3.6. Определение содержания органических примесей..... | 52 |
| Глава 4. ИСПЫТАНИЯ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНОВ (ГОСТ 8269)..... | 53 |
| 4.1. Определение влажности щебня (гравия)..... | 53 |
| 4.2. Определение истинной плотности зерен щебня (гравия)..... | 54 |
| 4.3. Определение насыпной плотности щебня (гравия)..... | 55 |
| 4.4. Определение средней плотности зерен щебня (гравия)..... | 56 |
| 4.5. Определение водопоглощения щебня (гравия)..... | 59 |
| 4.6. Определение зернового состава щебня (гравия)..... | 60 |
| 4.6.1. Определение зернового состава щебня (гравия) данной фракции..... | 61 |

| | |
|--|------------|
| 4.6.2. Определение зернового состава щебня смеси фракций 5 (10)...40 и 20...70 мм..... | 62 |
| 4.6.3. Определение зернового состава нефракционного гравия..... | 64 |
| 4.7. Определение прочности щебня (гравия)..... | 66 |
| 4.8. Определение в щебне (гравии) пылевидных, глинистых частиц и глины в комках..... | 69 |
| 4.8.1. Определение в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц..... | 70 |
| 4.8.2. Определение в щебне (гравии) глины в комках..... | 72 |
| 4.8.3. Определение содержания пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен..... | 72 |
| 4.9. Определение морозостойкости щебня (гравия)..... | 74 |
| 4.9.1. Определение морозостойкости щебня (гравия) замораживанием..... | 74 |
| 4.9.2. Определение морозостойкости щебня (гравия) насыщением в растворе сернокислого натрия..... | 76 |
| Глава 5. ПОДБОР СОСТАВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА..... | 77 |
| 5.1. Подбор составов бетона (СТБ 1182)..... | 77 |
| 5.1.1. Материалы, рекомендуемые для бетона..... | 78 |
| 5.1.2. Подбор состава бетона..... | 79 |
| 5.1.3. Подбор состава бетона с химическими добавками..... | 85 |
| 5.2. Испытание бетонной смеси..... | 96 |
| 5.2.1. Приготовление опытного замеса..... | 97 |
| 5.2.2. Определение средней плотности бетонной смеси (ГОСТ 10181.2)..... | 98 |
| 5.2.3. Определение удобоукладываемости бетонной смеси (ГОСТ 10181.1)..... | 99 |
| 5.3. Испытание бетона на плотных и пористых заполнителях..... | 104 |
| 5.3.1. Определение прочности бетона (ГОСТ 10180)..... | 105 |
| 5.3.2. Определение морозостойкости бетона (ГОСТ 10060.0)..... | 115 |
| Глава 6. ПОДБОР СОСТАВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ..... | 117 |
| 6.1. Подбор состава смешанного кладочного раствора..... | 118 |
| 6.2. Испытание растворной смеси (ГОСТ 5802)..... | 123 |
| 6.2.1. Приготовление лабораторного замеса..... | 124 |
| 6.2.2. Определение подвижности растворной смеси..... | 124 |
| 6.2.3. Определение плотности растворной смеси..... | 126 |
| 6.2.4. Определение раслаиваемости растворной смеси..... | 127 |
| 6.2.5. Определение водоудерживающей способности растворной смеси..... | 128 |
| 6.3. Испытание затвердевшего раствора..... | 130 |
| 6.3.1. Определение прочности раствора на сжатие..... | 130 |
| Глава 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМОВ..... | 133 |
| 7.1. Определение температуры размягчения (ГОСТ 11506)..... | 134 |
| 7.2. Определение вязкости (ГОСТ 11501)..... | 136 |
| 7.3. Определение растяжимости (ГОСТ 11505)..... | 138 |
| 7.4. Определение температуры вспышки (ГОСТ 4333)..... | 140 |
| Раздел 2. ГРАЖДАНСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ..... | 142 |
| Глава 1. ПОНЯТИЯ О ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ..... | 142 |
| 1.1. Классификация зданий и сооружений..... | 142 |
| 1.2. Требования к зданиям..... | 144 |
| 1.3. Объемно-планировочные параметры здания..... | 144 |
| 1.4. Виды размеров конструктивных элементов..... | 145 |

| | |
|---|------------|
| 1.5. Понятие об унификации, типизации, стандартизации..... | 145 |
| Глава 2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ..... | 146 |
| Глава 3. ПОНЯТИЯ О КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ЗДАНИЯ..... | 147 |
| 3.1. Типы конструктивных систем..... | 147 |
| 3.2. Понятие о пространственной жесткости здания. Меры ее обеспечения..... | 156 |
| Глава 4. ПОНЯТИЕ О ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСНОВАНИИ..... | 156 |
| 4.1. Требования к основаниям..... | 156 |
| 4.2. Краткая характеристика грунтов..... | 157 |
| 4.3. Способы укрепления грунтов..... | 158 |
| 4.4. Понятие о фундаментах. Требования к ним. Элементы фундаментов. Глубина заложения фундаментов..... | 158 |
| 4.5. Классификация фундаментов..... | 159 |
| 4.6. Конструктивные решения фундаментов..... | 160 |
| 4.7. Отмостка, техподполье, подвалы, приямки..... | 166 |
| 4.8. Защита подземной части здания от грунтовых вод и сырости..... | 167 |
| Глава 5. ПОНЯТИЕ О СТЕНАХ. ТРЕБОВАНИЯ К НИМ..... | 168 |
| 5.1. Классификация стен..... | 168 |
| 5.2. Понятие о кладке и ее элементах..... | 168 |
| 5.3. Виды кладок. Конструкция наружных стен..... | 169 |
| 5.4. Архитектурно-конструктивные элементы стен..... | 174 |
| 5.5. Балконы, лоджии, эркеры..... | 182 |
| 5.6. Деформационные швы..... | 183 |
| 5.7. Виды наружной и внутренней отделки стен..... | 184 |
| 5.8. Элементы каркаса. Кирпичные столбы. Железобетонные прогоны. Узлы их сопряжения..... | 185 |
| Глава 6. СТЕНЫ ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ, ИХ РАЗРЕЗКА И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ..... | 186 |
| 6.1. Узлы крупноблочных зданий..... | 188 |
| Глава 7. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕКРЫТИЯХ. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ. ТРЕБОВАНИЯ К НИМ..... | 189 |
| 7.1. Характеристика плит сборных железобетонных перекрытий..... | 190 |
| 7.2. Особенности конструктивных решений перекрытий..... | 193 |
| 7.3. Конструкция подвесных потолков..... | 196 |
| Глава 8. ПОНЯТИЕ О КРЫШАХ. КЛАССИФИКАЦИЯ КРЫШ, ТРЕБОВАНИЯ К НИМ..... | 199 |
| 8.1. Скатные крыши, их элементы. Конструктивные элементы наслонных стропил. Назначение слуховых окон. Конструкции крыш над мансардными этажами..... | 199 |
| 8.2. Построение плана и фасада скатной крыши..... | 201 |
| 8.3. Конструктивные элементы наслонных стропил..... | 201 |
| 8.4. Конструкции крыш над мансардными этажами..... | 206 |
| Глава 9. КРОВЛЯ, ТРЕБОВАНИЯ К КРОВЛЕ. КРОВЛИ СКАТНЫХ КРЫШ. ВОДООТВОД СО СКАТНЫХ КРЫШ..... | 208 |
| 9.1. Кровли раздельной конструкции с теплыми и холодными чердаками..... | 212 |
| 9.2. Совмещенные покрытия вентилируемые и невентилируемые..... | 214 |
| 9.3. Рулонные и мастичные кровли..... | 216 |
| 9.4. Водоотвод с плоских покрытий..... | 216 |
| 9.5. Эксплуатируемые крыши, особенности их устройства..... | 217 |
| 9.6. Ограждения на крышах различной конструкции. Выход на крышу..... | 219 |

| | |
|--|-----|
| Глава 10. ПОНЯТИЕ О БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЯХ..... | 220 |
| Глава 11. ПОНЯТИЕ О ЛЕСТНИЧНОЙ КЛЕТКЕ. НАЗНАЧЕНИЕ ЛЕСТНИЦ. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСТНИЦ. ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕСТНИЦАМ. ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕСТНИЦ..... | 224 |
| 11.1. Сборные железобетонные лестницы из крупно- и мелко-размерных элементов. Определение габаритных размеров лестничных клеток. Наружные входы. Сходы в подвал..... | 226 |
| Глава 12. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕГОРОДКАХ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРЕГОРОДКАМ..... | 232 |
| 12.1. Конструкции перегородок из мелко-размерных элементов, крупнопанельны: гипсобетонных и др. Опираие перегородок на перекрытие, примыкание к стена потолкам..... | 233 |
| Глава 13. НАЗНАЧЕНИЕ ОКОН, ТРЕБОВАНИЯ К НИМ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОКОН. ЭЛЕМЕНТЫ ОКОННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ. УСТАНОВКА ОКОННЫХ БЛОКОВ. ВИТРИНЫ И ВИТРАЖИ..... | 237 |
| Глава 14. ДВЕРИ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К ДВЕРЯМ..... | 240 |
| Глава 15. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ..... | 241 |
| 15.1. Основы проектирования промышленных зданий..... | 241 |
| 15.2. Требования к промышленным зданиям..... | 242 |
| 15.3. Классификация промышленных зданий..... | 243 |
| Глава 16. ОБЪЕМО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 246 |
| Глава 17. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 248 |
| Глава 18. ВНУТРИЦЕХОВОЕ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ..... | 248 |
| Глава 19. ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЯХ..... | 251 |
| Глава 20. ТИПИЗАЦИЯ И УНИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 252 |
| Глава 21. ПРИВЯЗКА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К МОДУЛЬНЫМ КООРДИНАЦИОННЫМ ОСЯМ..... | 254 |
| Глава 22. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ КАРКАС ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 259 |
| 22.1. Фундаменты..... | 259 |
| 22.2. Железобетонные колонны..... | 263 |
| 22.3. Колонны фахверков..... | 266 |
| 22.4. Железобетонные подкрановые балки..... | 267 |
| Глава 23. СТАЛЬНОЙ КАРКАС ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 269 |
| 23.1. Стальные колонны..... | 269 |
| Глава 24. БАЗЫ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН..... | 273 |
| Глава 25. СТАЛЬНЫЕ СТОЙКИ ФАХВЕРКА..... | 275 |
| Глава 26. СТАЛЬНЫЕ ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ..... | 277 |
| Глава 27. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 279 |
| Глава 28. ПОКРЫТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 284 |
| 28.1. Виды покрытий и требования к ним..... | 284 |
| 28.2. Конструкции покрытий..... | 285 |
| 28.3. Несущие конструкции покрытий..... | 285 |
| 28.4. Железобетонные стропильные балки и фермы..... | 285 |

| | |
|---|-----|
| 28.5. Железобетонные подстропильные балки и фермы..... | 290 |
| 28.6. Стальные стропильные и подстропильные фермы покрытий..... | 292 |
| 28.7. Стальные прогоны..... | 296 |
| 28.8. Ограждающая часть покрытия..... | 297 |
| 28.9. Водоотвод с покрытий..... | 305 |
| Глава 29. СТЕНЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 308 |
| Глава 30. ОКНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 322 |
| Глава 31. ФОНАРИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 329 |
| 31.1. Назначение и типы фонарей..... | 329 |
| 31.2. Конструкции фонарей..... | 332 |
| Глава 32. ПОЛЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 338 |
| Глава 33. ЛЕСТНИЦЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 340 |
| Глава 34. ДВЕРИ И ВОРОТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 341 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 344 |

Учебное издание

Хруцкая Надежда Павловна
Константинов Александр Александрович
Копытовский Виктор Владимирович

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. А. Матасёва*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 19.10.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 20,46. Уч.-изд. л. 15,47.
Тираж 40 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.