МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
"ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

С.П. Кривилева, А.Н. Рассоха

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСУ "ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ "

для студентов специальности «Оборудование
перерабатывающих и пищевых производств»,
в том числе для иностранных студентов

Харьков 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
"ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

С.П. Кривилева, А.Н. Рассоха

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСУ "ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ "

для студентов специальности «Оборудование перерабатывающих и пищевых производств», в том числе для иностранных студентов

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 1 от " 7 " июня 2013 г.

Харьков, 2013

УДК 628.01:628:691
ББК 38.3я73

Рецензенти: С.М. Логвинков, д-р техн. наук, проф.,
Харьковский национальный экономический університет
О.Б. Скородумова, д-р. техн. наук, проф., Українська інженерно-педагогічна академія

Висвітлені основні принципи уніфікації промислових будівель, їх об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, організація будівництва. Викладені відомості про найбільш поширені будівельні матеріали, вироби і конструкції, про улаштування сучасних систем опалення, водопостачання і каналізації промислових будівель.

Призначено для студентів спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв», у тому числі для іноземних студентів.

Основи промислового будівництва і санітарної техніки: Навчальний посібник для студ. спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв», у тому числі для іноземних студентів / С.П. Кривільова, О.М. Рассоха – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – 175с. – Рос. мовою

Освещены основные принципы унификации промышленных зданий, их объемно-планировочных и конструктивных решений, организации строительства. Изложены сведения о наиболее распространенных строительных материалах, изделиях и конструкциях, об устройстве систем отопления, водоснабжении и канализации промышленных зданий.

Предназначено для студентов специальности «Оборудование перерабатывающих и пищевых производств», в том числе для иностранных студентов.

Іл. 21. Табл. 7. Бібліогр.: 27 назв.

УДК 628.01:628:691
ББК 38.1я73

© С.П. Кривільова, О.М. Рассоха, 2013

ВСТУПЛЕНИЕ

Курс «Основы промышленного строительства и санитарной техники» в учебном плане подготовки инженеров служит базой для изучения профилирующих профессионально-ориентированных дисциплин, экономики и др. Эта дисциплина, которая помогает механикам изучить основы строительного материаловедения, необходимые для выбора материалов с наиболее подходящими свойствами и определения условий их правильного транспортирования, хранения, монтажа или укладки.

Сегодня основным материалом промышленного строительства является сборный железобетон, качественные показатели которого совершенствуются путем его дисперсного армирования и снижения объемной массы благодаря совмещению с современными полимерными материалами. В промышленном строительстве предпочтение отдается наименее энергоемким технологиям и выпуску материалов и изделий, обеспечивающих экономию топливно-энергетических ресурсов. Особое значение имеет выпуск эффективных теплоизоляционных материалов, а также сборных конструкций для наружных стен зданий, имеющих повышенное термическое сопротивление. Быстро возрастает применение полимерных стройматериалов и изделий. Особенно эффективны легкие конструкции из стеклопластиков, полимерные материалы для полов, санитарно-техническое оборудование, трубопроводы из пластмасс, теплоизоляционные и лакокрасочные материалы. Широкое применение получают эффективные изделия из стекла, керамики, асбестоцемента и др. Существенно улучшилось внутреннее оборудование промышленных зданий благодаря использованию современных отопительно-вентиляционных устройств, систем водоснабжения и канализации, а в необходимых случаях – кондиционирования воздуха. Развитие промышленного строительства решается путем расширения заводского изготовления наиболее энергоэффективных высокопрочных строительных конструкций и изделий с экономным расходованием материалов.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Промышленные здания

1.1.1. Понятие о здании и сооружении

Зданиями называют искусственно возведенные постройки на поверхности земли, в которых имеются помещения, предназначенные для жизни и деятельности человека (его производственных, жилых, общественных и иных нужд).

Такие сооружения как этажерки для размещения оборудования, специальные сооружения типа емкостей для хранения жидкостей или сыпучих материалов и т.д. и т.п. не называют зданиями, поскольку в них не имеется помещений или содержатся отдельные помещения, не определяющие, их основного назначения. Их, в отличие от зданий, называют инженерными сооружениями. Инженерные сооружения – это строения, возводимые на поверхности земли, под землей, на границе раздела земля - воздух, вода - воздух и предназначенные для выполнения каких-либо инженерно-технических функций.

Все здания подразделяют: на гражданские; промышленные; сельскохозяйственные.

Гражданские здания по назначению подразделяют на здания:

жилого назначения – жилые дома, общежития и гостиницы;

общественного назначения – спортивные, административные и культурно-просветительские;

коммунального назначения – банно-прачечные комбинаты, городской водопровод и т.п.

Промышленные здания независимо от отрасли промышленности подразделяют на 4 основные группы:

1. Производственные – в которых размещены цеха, выпускающие готовую продукцию или полуфабрикаты; сюда относятся:

а) здания основного производства;

б) здания подсобного производства (вспомогательные);

в) складские помещения;

г) обслуживающие помещения;

2. Энергетические – ТЭЦ, котельные, трансформаторные подстанции;

3. Транспортно-складские – депо, гаражи, авторемонтные мастерские;

4. Вспомогательные – административно-конторские помещения, столовые, медпункты, бытовые помещения и т.д.

Помещения, входящие в здания основного производства, подразделяют:

б) на рабочие;

а) вспомогательные (пульты управления, трансформаторные подстанции, распределительные щиты);

в) складские;

г) обслуживающие (комнаты отдыха, гардеробы).

1.1.2. Классификация промышленных зданий и сооружений

Промышленные здания классифицируют следующим образом:

1. По материалу основных несущих конструкций:

а) с железобетонным каркасом,

б) со стальным каркасом,

в) с кирпичными несущими стенами,

г) деревянные,

д) панельные и т.д.

2. По числу пролетов:

а) однопролетные – целесообразны для небольших производств;

б) многопролетные; многопролетные здания с одинаковыми или близкими параметрами пролетов (шириной и высотой) без внутренних открытых дворов называют зданиями сплошной застройки;

в) здания ячейкового, типа,

г) здания зального типа.

3. По размерам пролетов:

а) мелкопролетные (6, 9, 12 м);

б) среднепролетные (18, 24, 30 и 36 м);

в) крупнопролетные (свыше 36 м – 60, 90 и 120 м).

4. По числу этажей:

– одноэтажные; их преимуществами являются:

а) наилучшие условия для размещения оборудования, организации производственных потоков, применения различных транспортных и грузоподъемных устройств;

б) возможность большей маневренности при изменении технологического процесса;

в) возможность установки оборудования любого веса, поскольку оно ставится непосредственно на основание;

– многоэтажные, дающие возможность на ограниченной территории организовать техпроцесс по вертикальной схеме, делятся на здания:

а) средней этажности (от 2 до 5 этажей);

б) многоэтажные (от 6 до 14 этажей);

в) высотные (свыше 14 этажей).

5. По наличию подъемно-транспортного оборудования:

а) бескрановые;

б) крановые (с подвесным транспортом или мостовыми кранами).

6. По конструктивным схемам покрытий:

а) каркасные плоскостные (с покрытием по балкам, фермам, рамам и аркам);

б) каркасные пространственные (с покрытиями – оболочками одинарной и двойной кривизны, складками);

в) с висячими (вантовыми), перекрестными и пневматическими (воздухоопорными или воздухонесущими) покрытиями.

7. По долговечности выделяют здания:

а) временные (срок их службы не нормируется);

б) III класса (срок службы до 40 лет);

в) II класса (срок службы от 40 до 60 лет);

г) I класса (срок службы от 60 до 100 лет).

8. По методу застройки:

а) павильонной застройки (разобщенные, отдельно стоящие здания, для которых характерно сравнительно небольшое число пролетов, обеспечивающих боковое освещение);

б) сплошной (блокированной) застройки – многопролетные корпуса большой ширины;

в) смешанной застройки.

9. По системе отопления:

а) отапливаемые,

б) неотапливаемые.

10. По системе вентиляции:

а) с естественной вентиляцией или аэрацией;

б) с искусственной вентиляцией;

в) с кондиционированием воздуха.

11. По профилю покрытия:

а) с фонарными надстройками;

б) без них.

Наиболее экономичной застройкой является сплошная (блокированная), так как при такой застройке сокращаются территория предприятия, протяженность коммуникаций, стен, а также эксплуатационные расходы за счет сокращения теплопотерь и т.д.

1.1.3. Требования, предъявляемые к зданиям. Физический и моральный износ

Промышленные здания должны:

а) быть прочными;

б) быть долговечными;

в) защищать работающих и технологическое оборудование от атмосферных воздействий;

г) быть удобны для осуществления намечаемой реконструкции или модернизации;

д) быть удобны с санитарно-гигиенической и пожарно-технической точек зрения;

е) быть экономичными за счет применения современных технологий и материалов, а также рационального проектирования.

Архитектурная композиция здания должна отвечать его назначению как по внешнему виду (фасаду), так и по внутреннему оформлению (интерьеру).

Моральный и физический износ зданий. Потеря прочности здания или его отдельных конструкций вследствие производственной эксплуатации, атмосферных воздействий, случайных факторов называется физическим износом.

Момент наступления несоответствия здания его назначению вследствие изменившегося характера технического оснащения цеха, изменившегося технологического процесса или вида выпускаемой продукции называется моральным износом.

1.2. Унификация и типизация производственных зданий и их элементов

В проектах современных цехов необходимо предусматривать использование самых современных унифицированных строительных конструкций, применение которых обеспечит их взаимозаменяемость, а также выполнение всех требований, предъявляемых к промышленным зданиям, и исключит их преждевременный выход из строя из-за морального или физического износа.

Взаимозаменяемость элементов производственных зданий обеспечивается путем координации размеров элементов с размерами зданий: все размеры принимаются кратными некоторой общей единице, называемой модулем. В строительной унификации за единицу принят основной модуль, равный 100 мм. Существуют дробные модули, получаемые умножением основного модуля на дробные коэффициенты, и укрупненные, кратные основному модулю (3 м – 300 мм, 6 м – 600 мм, 12 м – 1200 мм, 15 м – 1500 мм, 30 м – 3000 мм и 60 м – 6000 мм).

Все размеры типовых элементов зданий, используемые в строительстве, подразделяют на 3 категории:

а) координационные (номинальные) – это расстояния между условными гранями объемно-планировочных и конструктивных элементов, а также проектные расстояния между разбивочными осями;

б) конструктивные (проектные размеры при нулевых допусках);

в) натурные (фактические размеры в пределах установленных допусков).

Все размеры на строительных чертежах на плане проставляют в миллиметрах, а на разрезах – в метрах, с тремя знаками после запятой.

1.3. Общие принципы объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий

При проектировании промышленных зданий должны быть соблюдены следующие основные принципы выбора их объемно-планировочных и конструктивных решений:

1) Размеры промышленного здания в плане и по высоте определяются характером производственного процесса, для размещения которого предназначено здание, а также габаритам и особенностями размещения технологического оборудования.

2) Объединение и блокирование в одном промышленном здании нескольких производственных помещений, обслуживающих один технологический про-

цесс, или нескольких цехов с разными технологическими процессами разрешается производить, в тех случаях, когда это не противоречит противопожарным, санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям и целесообразно по условиям планировки участка и технико-экономическим показателям.

3) Размещение технологического, энергетического и санитарно-технического оборудования во всех случаях, когда это возможно по климатическим условиям и условиям эксплуатации, необходимо проектировать на открытых площадках.

4) Производственные здания следует проектировать преимущественно одноэтажными, при этом для производств с вертикальным технологическим процессом следует, по возможности, применять здания павильонного типа со встроенными этажерками. Многоэтажные здания допускается проектировать в случаях ограниченной площади участка, при размещении производств с вертикальным технологическим процессом, при производстве мелких трудоемких изделий.

5) Необходимо учитывать научно-технический прогноз развития данной отрасли промышленности и предусматривать возможность модернизации производства вплоть до использования проектируемого промышленного здания для размещения другого производственного процесса без его существенной реконструкции.

6) С целью экономичного использования пространства приблизительно требуемые производственные площади определяют по мощности предприятия на основе укрупненных отраслевых показателей выпуска готовой продукции в тоннах или единицах национальной валюты с 1 м^2 площади.

7) Объемно-планировочное решение необходимо выбирать возможно более простым. Прямоугольная форма здания и параллельно расположенные пролеты одинаковой ширины без перепадов высот существенно упрощают его конструктивное решение. В случае применения многоэтажных зданий их первые этажи следует отводить для размещения производственных процессов с

тяжелым оборудованием или сопровождающихся выделением сточных вод, содержащих кислоты, щелочи и другие агрессивные примеси.

8) Наибольшую допускаемую этажность зданий, требуемую степень огнестойкости их конструкций и наибольшую допускаемую площадь этажа между противопожарными преградами определяют в зависимости от категорий пожарной опасности размещаемых в здании производств в соответствии с нормами проектирования (СНиП 2.09.02-85. Производственные здания).

Производства более опасные в пожарном отношении из числа размещаемых в здании следует, если это допускается технологическим процессом, располагать так:

а) в одноэтажных зданиях – у наружных стен;

б) в многоэтажных зданиях – на верхних этажах.

Склады для хранения ценных сгораемых материалов должны быть разделены противопожарными стенами на отсеки предельной площадью до 1500 м^2, позволяющие в случае возникновения пожара ликвидировать его с минимальным ущербом.

Необходимо предусматривать безопасную эвакуацию людей из здания на случай возникновения пожара через эвакуационные выходы, число которых из каждого помещения должно быть, не менее двух. Ширину коммуникационных помещений на путях эвакуации людей необходимо принимать в зависимости от числа людей, находящихся на наиболее населенном этаже (кроме первого), с таким расчетом, чтобы их пропускная способность полностью обеспечила эвакуацию в заданное время.

9) При проектировании промышленных зданий под производственные процессы, характеризующиеся значительными статическими и динамическими нагрузками и необходимостью перекрывания пролетов значительных размеров, одно- и многоэтажные здания конструктивно решают по каркасной схеме.

10) При небольших (до 12 м) размерах пролетов и отсутствии тяжелого подъемно-транспортного оборудования вместо каркасной схемы необходимо

применять конструкции с несущими стенами, устойчивость которых достигается устройством пилястр, которые чаще всего располагают в местах опирания несущих конструкций покрытия.

11) Конструктивное решение сборного железобетонного каркаса по рамной, рамно-связевой или связевой системе принимают в зависимости от особенностей расположения поперечных стен, лестничных клеток или отверстий в перекрытиях. Так, при отсутствии лестничных клеток или очень большом расстоянии между ними следует принимать сборный каркас рамной системы; при наличии междуэтажных перекрытий – связевую схему. В отдельных случаях каркас многоэтажного промышленного здания может быть решен с балочной конструкцией перекрытия и жестким монолитным ядром.

12) При сплошной застройке здания сложных форм: П-образные, Ш-образные и гребенчатые следует применять только для аэрируемых цехов, имеющих большие тепло- и газовыделения (прессовые, кузнечные, прокатные и т.п. цеха), поскольку развитый периметр позволяет организовать приток и удаление воздуха. Ширина тупиковых дворов таких зданий должна быть не менее полусуммы высот противостоящих зданий, но не меньше 15 м (с целью обеспечения им проветривания).

Тупиковые дворы нужно располагать параллельно или под углом не более 45 градусов к преобладающему направлению ветров, а открытую сторону обращать на наветренную сторону. При невозможности этого в закрытой стороне необходимо устраивать аэрационные проемы с минимальным размером 4 х 4,5м**.**

13) Если технологические процессы и проектируемых зданиях направлены вдоль пролетов и требуют обслуживания кранами, то здание должно быть выбрано пролетного типа с размерами пролетов 6, 12, 18, 24, 30 и 36 м.

Если для проектируемого технологического процесса используется существующее здание, то оно либо остается без изменений, либо реконструируется так, чтобы приспособить существующее здание к размещению оборудования

проектируемого технологического процесса путем перепланировки с демонтажом, усилением, достройкой или заменой отдельных строительных конструкций в соответствии с новыми требованиями.

1.4. Организация строительно-монтажных работ

1. Строительство (т.е. возведение зданий и сооружений) слагается из ряда строительных работ.

Эти работы подразделяются на отдельные процессы, наиболее сложные из которых называются комплексными. Строительные работы выполняют в определенной последовательности. Весь комплекс работ по возведению зданий делится на 5 этапов.

1 этап – подготовительные работы (освоение площадки: обнесение ее забором, вырубка или пересадка деревьев, проводка временного освещения, снос строений, планировка площадки, прокладка подземных коммуникаций (газа, канализации, теплоснабжения, водопровода), а также прокладка дорог (временных и постоянных).

2 этап – нулевой цикл (включает все работы, связанные с возведением подземных конструкций до нулевой отметки). Отрывка котлованов и траншей, возведение фундаментов и подвальных этажей, ввод коммуникаций, устройство гидроизоляции, обратная засыпка пазух, устройство отмостки.

3 этап – возведение надземной части – включает все строительно-монтажные работы, санитарно-технические, электромонтажные и монтаж оборудования.

4 этап – отделочные работы (включая малярные, штукатурные).

5 этап – благоустройство территории: работы по озеленению, устройству дорог, тротуаров, наружного освещения.

Для сокращения сроков строительства основные этапы работ и отдельные виды работ совмещаются по времени. Выполнение всех видов работ тщательно увязывают в единый технологический процесс – поток.

2. Работы по возведению зданий организуют 3 различными методами:

Последовательный метод заключается в том, что однотипные части большого здания (называемые захватками), возводятся последовательно – т.е. строительство на последующей захватке начинают после полного завершения всех работ на предыдущей захватке (см. рис.1.1). В этом случае общая продолжительность строительства составит время возведения одной захватки, умноженной на количество захваток: $T = t \cdot n$.

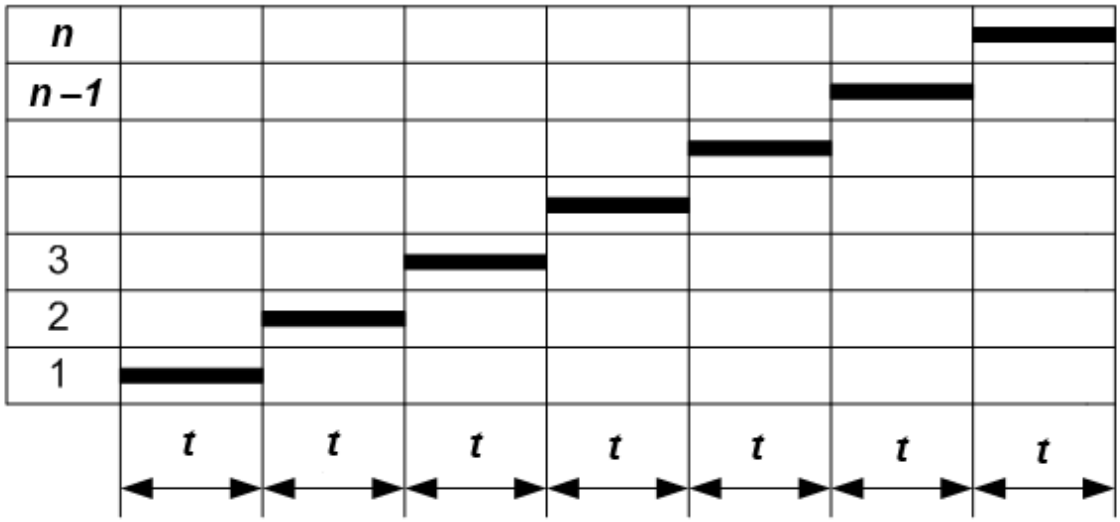

Рис. 1.1. Схема последовательного метода производственных работ

При параллельном методе здания или отдельные его части возводятся одновременно (см. рис.1.2). В этом случае общая продолжительность строительства составит время возведения одной захватки: $T = t$; конечно в этом случае значительно сокращаются сроки строительства, но одновременно требуется большее количество рабочих и соответствующих машин и механизмов.

Наиболее эффективным является поточный метод – при этом технологический процесс возведения объекта расчленяют на отдельные процессы по видам работ (отрывка котлованов, возведение фундаментов, монтаж конструкций и т.д.).

После выполнения определенного вида строительных работ на одной захватке рабочие переходят на следующую захватку, а на предыдущей начинается выполнение последующего вида работ (см. рис. 1.3). В этом случае общая продолжительность строительства по сравнению с последовательным методом значительно сокращается ($T < n \cdot t$). Ритмичное производство работ поточным методом позволяет эффективнее использовать рабочие кадры, машины, механизмы и материальные ресурсы.

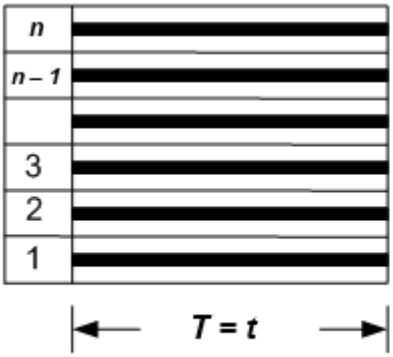

Рис 1.2. Схема параллельного метода производства работ

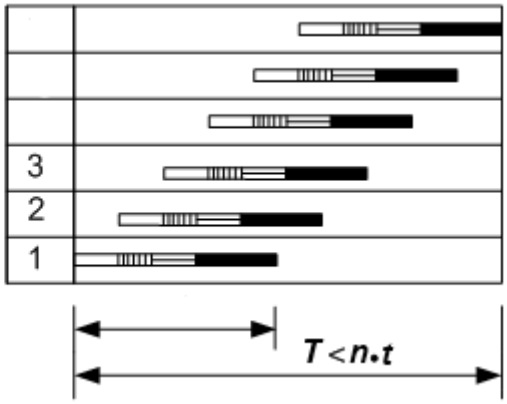

Рис 1.3.Схема поточного метода производства работ

Возведение и ремонт зданий осуществляется по проектам организации строительных работ (с целью обеспечения кратчайших сроков строительства и снижения себестоимости).

Проект организации строительства (ПОС) содержит следующие документы:

1) Сводный календарный план строительства с выделением очередности строительства и основных объектов (предназначен для общей связки хода всех работ (по времени).

2) Сетевые графики производства работ.

3) Данные о количестве и составе рабочих кадров, и об обязанностях основных строительных, монтажных и специальных работ.

4) Строительный генеральный план с указанием положения вспомогательных зданий и сооружений, дорог, инженерных коммуникаций, основных монтажных механизмов, зон складирования строительных конструкций и материалов.

5) Пояснительную записку (записка содержит основные технико-экономические показатели и обоснования принятых методов производства работ).

Количество рабочих для выполнения отдельных видов работ определяется по Единым нормам и расценкам (ЕНиР), исходя из объема работ и норм выработки в смену. Продолжительность выполнения работ в сменах исчисляют путем деления объема работ на выработку бригады рабочих в смену.

Но календарные планы не отражают зависимость между выполнением отдельных работ, в них не фиксируется окончание работ и не выделяются основные работы.

Более совершенной формой планирования и управления строительством являются сетевые графики. Они дают наглядное представление о технологической последовательности выполнения работ и их взаимосвязи, позволяют определить, какие работы являются наиболее важными, и от каких зависит срок выполнения всего комплекса работ.

Основными элементами (понятиями) сетевого графика являются «работа» и «событие».

Понятие «работа» изображают стрелками, и оно может иметь три значения:

1) действительная работа – процесс, требующий затрат времени, труда, материалов и др. ресурсов;

2) ожидание – работа, на которую не требуется затрат труда и ресурсов, но требуется время (например, твердение бетона в конструкциях);

3) фиктивная работа – не требующая ни затрат ни времени, ни труда. Она отображает на графике логическую связь, показывающую зависимость начала одних работ от окончания других.

Действительные работы и ожидания изображают на графике сплошными линиями-стрелками, а фиктивные – пунктирными. Продолжительность выполнения работ (в днях) проставляют под линией. Наименование работ пишут над линией.

События обозначают на графике кружком. Событие является результатом выполнения одной или нескольких работ, стрелки которых сходятся к данному кружку, необходимых для начала последующих работ. Каждому событию присваивают определенный шифр (номер), который проставляют в кружках.

Непрерывную последовательность работ на сетевом графике называют путем. Длина пути определяется суммой продолжительностей находящихся на нем работ. Наиболее длинный путь называют критическим путем.

На рис. 1.4. приведен сетевой график производства работ по монтажу конструкций одноэтажного здания. Здание разбито на 3 захватки. Параллельными потоками выполняют следующие работы: земляные, устройство монолитных фундаментов, доставка и подготовка сборных элементов к монтажу, монтаж конструкций.

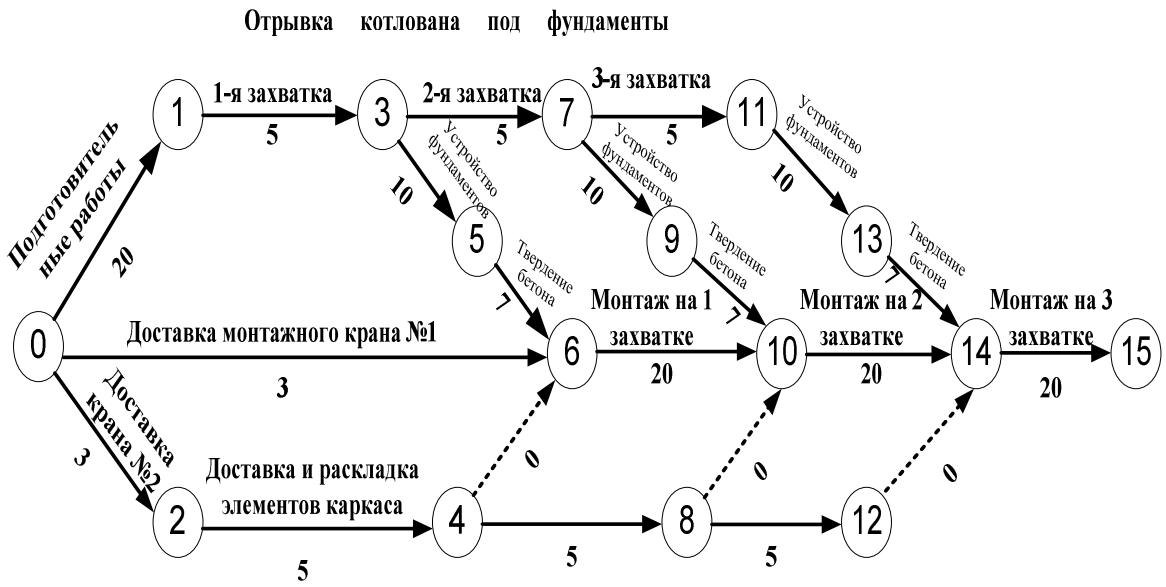

Рис. 1.4. Сетевой график производства работ по монтажу конструкций одноэтажного здания

Основные работы по монтажу (событие 6) можно начать только после выполнения:

1) подготовительных работ 0–1;
2) отрывки котлованов под фундаменты на 1-ой захватке 1–3;
3) устройство монолитных фундаментов 3–5 на 1-ом блоке;
4) окончание отвердения бетона в фундаментах 5–6.

Работа 5-6 фактически является ожиданием (процесс твердения бетона требует незначительных ресурсов, но необходимо время для роста прочности бетона). Кроме того, начало монтажа (6) может быть начато только после доставки крана №2 (0–2) и раскладки конструкций (2–4) на 1-ой захватки. Работы 4–6 и 8–10, 12–14 являются *зависимостями*.

Критический путь (путь №1 продолжительностью 102 дня) – см. табл. 1.1 – определяет продолжительность всего комплекса работ. Увеличение всего критического пути приведет к увеличению срока выполнения всех работ (уменьшение дает возможность сократить его).

Все другие пути называются ненапряженными. Они имеют резерв времени, который рассчитывают по формуле:

$$R_п(L) = t_{кр} - t(L)_п \qquad (1.1)$$

где $t_{кр}$ – продолжительность критического пути,

$t(L)_п$ – продолжительность некритического пути.

Таблица 1.1 – Длина путей сетевого графика

№ пути	Работы	Продолжительность
1	0-1-3-5-6-10-14-15	20+5+10+7+20+20+20=102 дня
2	0-1-3-7-9-10-14-15	20+5+5+10+7+20+20=87 дней
3	0-1-3-7-11-13-14-15	20+5+5+5+10+7+20=72 дня
4	0-6-10-14-16	3+20+20+20=63 дня
5	0-2-4-6-10-14-15	3+5+0+20+20+20=68 дней
6	0-2-4-8-10-14-15	3+5+5+0+20+20=53 дня
7	0-2-4-8-12-14-15	3+5+5+5+0+20=38 дней

Резервы времени – важнейшие показатели сетевого графика. Они показывают, на сколько времени можно увеличить продолжительность данного пути, т.е. выполнение лежащих на нем работ.

Для определения резервов времени по событиям сети рассчитывают наиболее ранние $T^{Р}_{i}$ и наиболее поздние $T^{Р}_{j}$ сроки совершения событий по формулам:

$$T^{Р}_{i} = t(L_{1\text{-}i})_{макс} \text{ и} \quad (1.2)$$

$$T^{Р}_{j} = t_{кр} - t(L_{1\text{-}c})_{макс} \quad (1.3)$$

где $(L_{1\text{-}i})_{макс}$ – продолжительность максимального пути, предшествующего данному событию;

$t_{кр}$ – продолжительность критического пути;

$(L_{1\text{-}c})_{макс}$ – продолжительность максимального пути, следующего за данным событием.

Резервы времени событий определяют по формуле:

$$R_i = T^{П}_{i} - T^{Р}_{j}\,. \quad (1.4)$$

Любую работу в сетевом графике обозначают начальным и конечным событием. На основе данных о ранних и поздних сроках свершения

событий определяется ранний и поздний сроки начала и окончания работы. Ранний срок начала работ совпадает с ранним $T^{РН}_{i\text{-}j} = T^{Р}_{i}$ сроком свершения начального для этой работы события:

$$T^{РО}_{i\text{-}j} = T^{Р}_{i} + t(i\text{-}j) \quad (1.5)$$

где $t(i\text{-}j)$ – продолжительность данной работы.

Поскольку $T^{ПО}_{i\text{-}j} = T^{П}_{j}$ тогда $T^{ПН}_{i} = T^{П}_{j}(j) - t(i\text{-}j)$, где $T^{П}_{j}$ – поздний срок свершения конечного события.

Резервы времени работ – это максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность выполнения данной работы без увеличения общего срока выполнения комплекса работ.

Полный резерв времени работы вычисляют как разность между поздними и ранними сроками начала (или окончания) данной работы:

$$R_{i\text{-}j} = T^{ПН}_{i\text{-}j} - T^{РН}_{i\text{-}j} \text{ или } R_{i\text{-}j} = T^{ПО}_{i\text{-}j} - T^{РО}_{i\text{-}j}. \quad (1.6)$$

Работы, лежащие на критическом пути, резерва времени не имеют.

В пределах резерва времени работы можно сдвигать, а можно уменьшать количество рабочих и ресурсов на некритических (ненапряженных) работах.

Сроки начала и окончания работ, резервы времени и сроки свершения событий при монтаже конструкций одноэтажного здания приведены в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 – Сроки начала и окончания работ и резервы времени

№ п/п	Шифр работы	Продолжительность в днях	Ранние сроки		Поздние сроки		Резерв времени
			начало	окончание	начало	окончание	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0-1	20	0	20	0	20	0
2	0-2	3	0	3	34	37	34
3	0-6	3	0	3	39	42	39
4	1-3	5	20	25	20	25	0
5	2-4	5	3	8	37	42	34
6	3-5	10	25	35	25	35	0
7	3-7	5	25	30	40	45	15
8	4-8	5	8	13	55	60	47
9	5-6	7	35	42	35	42	0
10	6-10	20	42	62	42	62	0
1	2	3	4	5	6	7	8
11	7-9	10	30	40	45	55	15
12	7-11	5	30	35	60	65	30
13	8-12	5	13	18	77	82	64
14	9-10	7	40	47	55	62	15
15	10-14	20	62	82	62	82	0
16	11-13	10	35	45	65	75	30
17	13-14	7	45	52	75	82	30
18	14-15	20	82	102	82	102	0

ППР – проект производства работ – составляет строительная организация на основе ПОС. ППР содержит:

1) график поступления на объект строительных конструкций и деталей;

2) график движения рабочих по профессиям;

3) строительный генплан со схемой складирования деталей и зонами действия монтажных кранов;

4) график работы строительных машин и кранов;

5) технологические карты на основные виды работ (схемы работ, данные о потребностях в оборудовании).

6) пояснительную записку.

Таблица 1.3 – Сроки свершения событий и резервы времени

Номер события	Ранний срок свершения	Поздний срок свершения	Резерв времени
0	0	0	0
1	20	20	0
2	3	37	34
3	25	25	0
4	8	42	34
5	35	35	0
6	42	42	0
7	30	45	15
8	13	60	47
9	40	55	15
10	62	62	0
11	35	65	30
12	18	8	64
13	45	75	30
14	82	82	0
15	102	102	0

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Охарактеризуйте понятие «здание» и «сооружение». В чем их отличие?
2. Приветите классификацию промышленных зданий.
3. Какие требования предъявляют к промышленным зданиям?
4. Что понимают под моральным и физическим износом здания?
5. Какие модули приняты в строительной унификации?
6. Сформулируйте основные принципы проектирования объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий.
7. Из каких 5-ти этапов состоит строительство зданий?
8. Какими методами возводятся здания?
9. Какие документы включает проект организации строительства?
10. Назовите основные элементы сетевого графика и то, как их изображают?

РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. Каменные материалы

Каменные материалы получают из горных пород путем их механической обработки (раскалывание, распиливание, шлифование, полирование, дробление, просеивание и.т.д.), а иногда и без специальной обработки (добыча гравия, песка, глины). При этом строительные материалы почти полностью сохраняют свойства той горной породы, из которой они получены.

Горные породы – это естественно-исторические геологические единицы, образующие в совокупности твердую земную оболочку. Горные породы представляют собой сочетание разных материалов. Например: гранит (полиминеральная порода) содержит много минералов, но основными являются три – полевой шпат, кварц и слюды – черная и белая. В ряде случаев порода может быть сложена из одного минерала (мономинеральная порода) – например, мел, гипс, известняк. Горные породы встречаются в твердом, рыхлом и жидком видах. В строительстве применяют исключительно нерудные ископаемые.

2.1.1. Классификация горных пород

По своему происхождению горные породы делятся на 3 группы (см. рис. 2.1.)

1. Изверженные (магматические), которые в свою очередь делятся на:

а) интрузивные (глубинные) – образовавшиеся при застывании магмы на разной глубине в земной коре;

б) эффузивные – излившиеся на поверхность Земли.

2. Осадочные.

3. Метаморфические (видоизмененные).

Природные каменные материалы применяют в строительстве:

Рис. 2.1. Классификация горных пород

– необработанными,

– грубо обработанными,

– с тщательно отделанными поверхностями.

Строительные свойства каменных материалов зависят от их физических, химических и механических характеристик. Механическая прочность каменных материалов характеризуется маркой – пределом прочности на сжатие, изгиб и растяжение.

2.1.2. Виды и назначение природных каменных материалов, применяемых в строительстве

В строительстве применяют следующие виды каменных материалов:

1. Рваный камень:

а) бутовый камень – крупные куски размером 150 – 500 мм (весом 20 – 40 кг) неправильной формы, получаемые разработкой при взрывных работах известняков, доломитов и песчаников (реже – гранитов и других изверженных пород). Используют для изготовления бутобетона, кладки фундаментов, подпорных стен, волнорезов, стен неотапливаемых зданий.

Бут перерабатывают также на щебень (крупностью 5 – 150 мм) для изготовления бетонов и для устройства щебеночной подготовки, а также для фильтров.

б) булыжный камень – получают раскалыванием камней из карьеров или валунов. Применяют для мощения дорог, облицовки откосов, для переработки на щебень.

в) брусчатка – колотые или тесаные камни правильной формы высотой 10 – 16, шириной 12 – 15 и длиной 15 – 25 см. Применяют для устройства полов промышленных зданий и покрытий дорог и площадей.

2. Штучные тесаные и пиленые камни

Блоки отделяют от массива породы (по трещинам) бурением или расклиниванием, а в твердых породах – взрыванием. Штучный известняк-ракушечник и мрамор выпиливают из массива камнерезными машинами.

Камни подразделяют на:

а) тесаные (изготовляют из тяжелых пород с $\gamma_0 \geq 2000$ кг/м^3);

б) пиленые (из легких пород с $\gamma_0 \leq 1800$ кг/м^3).

Штучные камни применяют для кладки и облицовки.

3. Плиты для облицовки фасадов зданий, устройства тротуаров и полов промышленных зданий.

По методу изготовления плиты делятся на:

1) плиты тесаные (из тяжелых пород – гранита, сиенита, базальта);

2) плиты пиленые (из легких пород – туфа и известняков).

Пиленые плиты более стойки, т.к. удары при теске плит выкалывают и дробят кристаллы, создавая микротрещины – будущие очаги разрушения камня. Кроме плит для облицовки на специальных продольных станках изготовляют различные фасонные изделия – ступени, наличники, колонны и т.п.

Для предохранения природных каменных материалов от разрушения и выветривания лицевую сторону плит и изделий полируют с целью создания непроницаемого слоя (поры каменного материала заполняются мельчайшими частицами). Кроме того, каменным материалам придают форму, обеспечивающую им кроме гладкой поверхности еще и быстрый сток воды.

2.2. Древесные материалы

2.2.1. Свойства древесины

Древесные материалы широко применяются в строительстве благодаря их хорошим строительным свойством.

К положительным свойствам древесины относят:

а) сравнительно высокую прочность при небольшой объемной массе ($\gamma_0 \approx 1{,}54 – 1{,}55$);

б) упругость;

в) простоту обработки;

г) небольшую теплопроводность (для сосны вдоль волокон – 0,35Вт/м К, поперек волокон – 0,17 Вт/м К);

д) сравнительно высокую стойкость древесины к действию агрессивных сред (при длительном воздействии кислот и щелочей древесина начинает разрушаться при pH $\leq$ 2). Слабощелочные растворы практически не разрушает древесину. В морской воде древесина сохраняется хуже, чем в пресной (кроме дуба);

е) высокую звукопроводимость (вдоль волокон в 4, а поперек в 10 – 16 раз больше звукопроводности воздуха);

ж) низкую электропроводность, которая зависит от влажности воздуха (сухая древесина не электропроводна; электрическое сопротивление для сухой древесины $R_0 \approx 75 \cdot 10^7$ Ом·см);

и) её высокую долговечность; долговечность древесины различают по стойкости на воздухе и в воде (см. табл. 2.1.).

Таблица 2.1– Долговечность древесины

Долговечность по сравнению с долговечностью дуба		Древесина
на воздухе	в воде	
1	1	дуб
0,1÷0,6	0,7÷1	бук
0,4÷0,85	0,8	сосна
0,4÷0,85	0,5	лиственница

Недостатками древесины являются:

1) неоднородность строения (анизотропность);

2) различные показатели прочности и теплопроводности вдоль и поперек волокон;

3) наличие пороков древесины, снижающих ее прочность (сучки снижают прочность на 30 – 40 % и более; трещины – морозные (вдоль волокон) и усушки

(радиально направленные); кривизна ствола, червоточины и поражения грибком;

4) гигроскопичность (способность поглощать и испарять влагу при изменении влажности окружающего воздуха). В зависимости от влажности различают древесину:

а) мокрую ($W > 35\%$);

б) свежесрубленную ($W \leq 35$ %);

в) воздушно-сухую ($W = 15 – 20$ %);

г) комнатно-сухую ($W = 8 – 13$ %).

Условно - нормальной влажностью для древесины считается влажность 15 %.

5) загниваемость (древесину пропитывают антисептиками, которые обладают высокой токсичностью по отношению к дереворазрушающим грибам;

6) легкая возгораемость (древесина начинает гореть при температуре $t = 260 – 290°$ С);

7) усушка, разбухания и коробление.

Под усушкой древесины понимают уменьшение ее линейных размеров и объема. Вследствие неоднородности строения древесина усыхает или набухает в различных направлениях неодинаково (см. табл. 2.2).

Степень усушки характеризуется коэффициентом объемной усушки $К_0$:

$$К_0 = \frac{V_0}{W} \qquad (2.1)$$

Таблица 2.2. – Усушка древесины

Направление (вдоль или поперек волокон)	Линейная усушка, $\frac{l_1 - l_2}{l_2} \cdot 100$ %
вдоль волокон	0,1 – 0,3 %
в радиальном направлении	3 – 6 %
в тангентальном направлении	7 – 12 %

Изменение влажности и объема приводит к короблению и растрескиванию древесины из-за возникновения внутренних направлений.

Указанные недостатки древесины как строительного материала (за исключением анизотропности) можно ослабить или даже устранить специальными способами обработки древесины различными составами.

Древесину подразделяют на древесину хвойных пород (сосна, ель, лиственница) и древесину лиственных пород (дуб, береза, бук, липа, осина).

В древесине лиственных пород влага движется по сосудам, расположенным вдоль ствола.

Хвойные деревья не имеют сосудов, состоят из замкнутых, удлиненных клеток. В слоях поздней древесины у них расположены смоляные ходы – межклеточные пространства, заполненные смолой.

Древесину, применяемую в строительстве, подвергают соответствующей механической обработке: распиловка, строжке и переработке на шпон, стружку или волокна.

2.2.2. Виды древесных материалов, применяемых в строительстве

В строительстве применяют следующие виды древесных материалов:

Бревна – строительные и пиловочные получают преимущественно из древесины хвойных пород (сосны, ели, пихты, лиственницы или кедра). Диаметр бревен в верхнем отрубе – от 140 до 320 мм (с градацией через 20 мм), длина – от 4 до 6,5 м, а для опор ЛЭП используют бревна длиной от 6,5 до 18 м.

Кряжи – толстые обрезки ствола дерева (диаметром более 200 мм) – являются сырьем для лущения в производстве фанеры и спичек.

Пиломатериалы изготавливают из древесины хвойных (длиной до 6,5 м с градацией 0,25 м) и лиственных пород (бука, березы, липы, осины, тополя и дуба).

Доски имеют толщину 100 мм и менее с градацией через 3 мм, ширину от 80 до 250 мм при соотношении ширины к толщине более 2.

Бруски могут иметь толщину 50, 60 ,75 и 100 мм, ширину 100, 150, и 200 мм при отношении ширины к толщине 2 и менее.

Брусья имеют толщину и ширину более 100 мм, они могут быть двухкантные (опиленные с двух сторон) и четырехкантные.

Столярные изделия – оконные переплеты, двери, перегородки щитовые, паркет изготавливают из древесины хвойных и лиственных пород. Паркет бывает обыкновенный (планочный) и щитовой.

Щитовой паркет имеет основание из досок, на которые наклеен паркет, набранный из отдельных планок.

Паркетные доски состоят из реечного основания (оно позволяет избежать коробления), на которое наклеены паркетные планки. На кромках паркетных досок имеется паз и гребень для плотного соединения при настилке пола.

Паркет (δ = 12 мм) изготавливают из твердых лиственных пород (дуба, ясеня, бука, вяза). Паркет из лиственницы, сосны, березы имеет σ = 17 и 20 мм. Паркет штучный имеет длину 150, 200, 250, 300, и 400 мм и ширину от 30 до 60 мм; ширина паркета из бука и березы не должн превышать 60 мм. Доски для настилки чистых полов изготавливают в основном из сосны.

Клееные конструкции изготавливают из досок толщиной не более 50 мм с влажностью не более 15 %. В качестве клеящих веществ применяют водостойкие клеи из полимеризующихся смол, казеино - цементные и др. В зависимости от вида клея различают фанеру повышенной, средней и ограниченной влагостойкости.

Основными видами клеевых конструкций являются балки покрытий (одно- и двухскатные, с параллельными поясами, арки и фермы, а также сваи, мостовые конструкции, инвентарная опалубка.

Фанера строительная – листовой материал, склеенный их нескольких слоев шпона, полученного лущением распаренных кряжей. Толщина листов фанеры – от 2 до 12 мм, количество шпонов (слоев) – от 3 до 13 (при нечетном числе слоев шпона уменьшается коробления фанеры). Длина листов от 2 до 3 м,

ширина – 1,2 – 2 м. Фанеру повышенной водостойкости применяют для изготовления несущих конструкций промышленный зданий с защитной окраской.

Для кровельных щитов используют фанеру, защищенную от увлажнения гидроизоляцией. Фанера ограниченной водостойкости применяется внутри здания. Для открытых сооружений применяют бакелизированную фанеру (из березового шпона на бакелитовом клее).

Древесно-стружечные плиты (ДСП) изготавливают из стружки путем прессования с клеями на основе полимеров.

Плиты ДСП подразделяются на:

– обычные;

– облицованные слоями шпона;

– облицованные бумагой;

– облицованные пластиком.

Объемная масса таких плит составляет γ_0 = 500 – 800 кг/м^3; длина листов 2500 и 3500 мм, ширина – 1250, 1500 и 1750 мм.

Древесно - волокнистые плиты (ДВП) получают из древесных волокон путем горячего прессования. ДВП выпускают 4 видов:

1) пористые (с объемной массой $\gamma_0 < 400$ кг/м^3);

2) полутвердые ($\gamma_0 = 400$ кг/м^3);

3) твердые ($\gamma_0 \geq 850$ кг/м^3);

4) сверхтвердые ($\gamma_0 \geq 950$ кг/м^3).

Древесно-волокнистые плиты трудновоспламеняемые и биостойкие, их широко применяют как отделочный и изоляционный материал.

2.2.3. Сушка древесины, защита от горения и возгорания

Сушку древесины ведут различными способами:

1) естественную – на воздухе в штабелях (в закрытых помещениях или под навесами);

2) искусственную осуществляют:

а) в сушильных камерах (воздухом, паром или дымовыми газами);

б) в электрическом поле высокой частоты – древесина помещается между двумя электродами, к которым подводится ток высокой частоты (древесина высыхает в 20 быстрее, чем при камерной сушке);

в) в горячих жидкостях (при температуре 130 – 140 °С в каменноугольном масле или петролатуме; петролатум – отход, получаемый при депарафинизации нефтяных масел.

г) контактным способом – сушка осуществляется между периодически смыкающимися горячими плитами пресса или на роликовых установках. Этот способ применяется для сушки тонких сортиментов древесины – шпона и фанеры.

Сушка осуществляется между периодически смыкающимися горячими плитами пресса или на роликовых установках.

Для предохранения древесины от гниения ее защищают антисептированием – т.е. пропитывают химическими веществами, убивающими грибы или создающими среду, в которой жизнедеятельность грибов становится невозможной.

Водными антисептиками служат фтористый натрий NaF или Na_2SiF_6 (кремнефтористый натрий). Масляными антисептиками являются деготь древесный, масло каменноугольное и сланцевое. Пропитку древесины антисептиками осуществляют:

1) поверхностной обработкой;

2) в горяче - холодных ваннах;

3) под давлением.

Защита древесины от возгорания. Существующие защитные меры подразделяются на:

1) конструктивные (устройство огнестойких стен и перегородок);

2) покрытие деревянных элементов штукатуркой или облицовкой несгораемыми материалами (асбестовыми и др.);

3) окрашивание огнезащитными красками (например, силикатными со связующим – растворимым стеклом и наполнителем – мелом или песком).

4) пропитка антипиренами, которые при нагревании создают оплавленную пленку, закрывающую доступ кислорода к древесине, либо выделяют негорючие газы, (которые оттесняют воздух от поверхности древесины и одновременно разбавляют горючие газы, выделяющиеся из древесины при нагревании. В качестве антипиренов применяют хлористый аммоний, буру – $Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O$, сернокислый аммоний и др.)

2.3. Керамические материалы и изделия

2.3.1. Классификация керамических материалов, их свойства

Керамическими называют искусственные каменные материалы, изготовляемые из глин или их смесей с минеральными и органическими добавками путем формования, сушки и последующего обжига при высоких температурах.

По структуре различают керамические изделия с пористым черепком (черепком в технологии керамики называют материал, из которого состоят керамические изделия после обжига) и со спекшимся черепком (плотным).

Пористыми условно считают изделия, у которых водопоглощение черепка по массе превышает 5 % (в среднем 8 – 20 %): кирпич обыкновенный, пустотелый и легкий, черепица, пустотелые камни, облицовочные плитки и трубы.

Водопоглощение – это свойство материала при непосредственном соприкосновении с водой впитывать и удерживать ее в своих порах. Водопоглощение выражают или степенью заполнения объема материала водой (водопоглощение по объему W_0), или отношением количества поглощенной воды к массе сухого материала (водопоглощение по массе $W_м$), %:

$$W_0 = \frac{m_2 - m_1}{v} \cdot 100, \text{ [\%]} \qquad (2.2)$$

$$W_0 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \text{ [\%]} \qquad (2.3)$$

где m_1, m_2 – масса материала в сухом и насыщенном водой состоянии, [г];

V – объем материала в сухом состоянии, [см^3].

Спекшимся считают черепок с водопоглощением < 5 % (чаще 2 – 4 %). Как правило, такой черепок практически водонепроницаем.

Водопроницаемость – это свойство материала пропускать через себя воду под давлением (характеризуется количеством воды, прошедшей через 1 см^2 материала за 1 час при постоянном давлении и при определённой толщине образца).

К плотным керамическим изделиям относят дорожный кирпич, плитки для полов и санитарный фарфор.

По конструктивному назначению различают керамические изделия:

1) для стен (стеновые материалы – кирпич и керамические камни);

2) для облицовки фасадов (лицевой кирпич, камни, плитки);

3) для внутренней облицовки стен и полов (плитки);

4) для перекрытий (пустотелые керамические камни);

5) для кровли (черепица);

6) для санитарных коммуникаций (трубы канализационные и дренажные, дорожный кирпич).

7) для теплоизоляции (легкий кирпич, фасонные изделия);

8) заполнители для легких бетонов (керамзит, аглопорит).

Сырьевую массу для изготовления керамических изделий составляют из пластичных глинистых материалов (глины, каолина) и непластичных материалов (отощающие и выгорающие добавки, плавни).

Отощающие добавки вводят в пластичные глины для уменьшения усадки при сушке и обжиге с целью предотвращения деформаций и трещин в изделиях. Для этих целей используют шамот, шлаки, золы, кварцевый песок, пылевидный кварц.

Выгорающие (порообразующие) добавки вводят для получения легких керамических изделий с повышенной пористостью и пониженной теплопроводностью. Порообразующие добавки в процессе обжига сырьевой массы либо выгорают (древесные опилки, угольный порошок), либо диссоциируют с выделением газа (например, CO_2 : молотый мел, доломит).

Плавни добавляют для понижения температуры спекания глины (тальк, полевые шпаты, доломит, магнезит, железная руда).

Для получения цветной керамики в сырьевую массу добавляют оксиды металлов (тонкие порошки кобальта, хрома, железа и т.д.).

2.3.2. Общая схема производства керамических изделий

Производство керамических изделий включает следующие этапы:

– подготовка сырьевой массы (для формования изделий);
– формование изделий;
– сушка изделий;
– обжиг изделий.

Для придания стойкости к внешним воздействиям, водонепроницаемости и определенного декоративного вида поверхность некоторых керамических изделий покрывают глазурью или ангобом.

Глазурь, нанесенную на поверхность керамического материала, закрепляют на ней обжигом при высокой температуре. Глазури могут быть различных цветов и при этом прозрачными и непрозрачными (глухими).

Ангоб изготовляют из белой или цветной глины и наносят тонким слоем на поверхность сырца. В отличие от глазури ангоб не дает при обжиге расплава (т.е. не образует стекловидного слоя), поэтому его поверхность получается матовой. По свойствам ангоб должен быть близок к основному черепку.

Способы формования керамических изделий:

1) пластическое формование (влажность изделий W = 15 – 25 % и более);

2) полусухое прессование (W = 8 – 12%; керамическая масса представляет собой пресс - порошок, увлажненный паром);

3) «сухое» прессование (W = 2 – 8 %; изделия прессуют под большим давлением на специальных автоматических прессах);

4) литье (изготовление шликерным способом) – для этого измельченные исходные материалы смешивают с водой до получения шликера – однородной текучей массы (W = 40 – 45 %); шликерный способ применяют в технологии фарфоровых, фаянсовых изделий и облицовочных плиток, а также при производстве лицевого кирпича.

2.3.3. Основные виды керамических изделий, применяемые в строительстве

1. Стеновые материалы

Несмотря на значительный объем выпуска железобетонных стеновых материалов (панели, крупные блоки) выпуск мелкоштучных изделий – а именно глиняного и пустотелого кирпича – составляет почти половину всех стеновых материалов.

Морозостойкость стеновых керамических материалов должна быть не менее Мрз 15, а кирпич строительный легкий должен иметь морозостойкость не менее Мрз 10.

По объемной массе в сухом состоянии стеновые материалы подразделяют на 3 группы:

– обыкновенный кирпич ($\gamma_0 > 1600$ кг/м^3);

– условно - эффективные (улучшающие теплотехнические свойства ограждающих конструкций; $\gamma_0 = 1400 \div 1600$ кг/м^3);

– эффективные, улучшающие теплотехнические свойства стен (позволяющие уменьшить их толщину по сравнению с толщиной стен, выполненных из обыкновенного кирпича; $\gamma_0 \leq 1400$ кг/м^3).

А. Кирпич глиняный обыкновенный – искусственный камень, сформованный из глины и равномерно обожженный при t = 900 – 1100° С.

Кирпич имеет форму прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями и прямыми ребрами и углами и размер 250х120х65 мм. Модульный кирпич имеет размер 250х120х88 мм. Объемная масса кирпича γ_0 = 1600 – 1900 кг/м^3, теплопроводность 0,75 – 0,81 Вт/м·К.

Предел прочности кирпича на сжатие выражает его маркой (всего выпускают кирпич семи марок): М 75, 100, 125, 150, 200, 250 и 300. По морозостойкости кирпич подразделяют на 4 марки: Мрз 15, 25, 35 и 50.

Кирпич должен быть нормально обожжен, так как недожог (алый кирпич) неморозостоек и обладает недостаточной прочностью и водостойкостью. Пережженный кирпич (железняк) имеет искаженную форму, а также повышенную плотность, объемную массу и теплопроводность.

Кирпич должен удовлетворять требованиям стандарта по внешнему виду, а именно не иметь:

– отклонений от установленных размеров;

– искривления;

– отбитостей углов и ребер;

– наличия сквозных трещин, проходящих поперек кирпича.

Кирпич применяют для кладки наружных и внутренних стен, столбов, кладки печей и дымовых труб в зонах, где температура не превышает температуры обжига кирпича.

Кирпич полусухого прессования не допускается применять для кладки фундаментов и цоколей ниже гидроизоляционного слоя.

Б. Кирпич глиняный пустотелый – имеет сквозные круглые или щелевидные отверстия или пустоты (для кирпича полусухого прессования) различной формы, которые расположены перпендикулярно постели. Кирпич глиняный пустотелый имеет те же размеры (250х120х65 88) мм. Объемная масса кирпича γ_0 = 1000 – 1400 кг/м^3, марки – 75, 100, 125, 150, 200 и 300.

Пустотелый кирпич применяют наравне с кирпичом глиняным обыкновенным, за исключением кладки фундаментов, подземных частей стен, печей и дымовых каналов.

В. Стеновые крупные керамические панели для наружных стен выпускают двух- и однослойными размером на комнату. Двухслойная панель состоит из кирпича, утеплителя (пеностекла, минераловатных плит) и трех слоев цементно-песчаного раствора.

Г. Стеновые керамические пустотелые камни изготавливают марок 50, 75, 100, и 150; γ_0 = 1400 кг/м^3, длиной 250 – 290, шириной 120 – 90, толщиной 138 – 288 мм с гладкими и рифлеными поверхностями, со сквозными или замкнутыми пустотами, расположенными перпендикулярно граням камней.

2. Облицовочные материалы и изделия

А. Кирпич лицевой и камни керамические лицевые отличаются от обыкновенных большей точностью формы и размеров, а также однородностью цвета и оттенка в данной партии (от белого, слегка кремового тона до красноватых и коричневых цветов); марки кирпича 75, 100 и 125. Разработана также технология двухслойного кирпича с лицевым слоем из белой глины.

Б. Плитки; керамические плитки выпускаются различных видов:

1. Ковровая керамика – представляет собой мелкоразмерные керамические плитки, глазурованные и неглазурованные. Заводы выпускают мозаичные плитки с наклейкой их лицевой стороной на плотную бумагу, в результате чего образуется ковер. Плитки выпускают квадратной и прямоугольной формы со стороной от 22 до 125 мм. Ковровая керамика – один из наиболее индустриальных керамических материалов.

2. Фасадные малогабаритные плитки выпускают неглазурованными и глазурованными разных размеров и назначения. Плитки типа «кабанчик» размером 12х65х7мм по технологии изготовления во многом сходны с коврово-мозаичной плиткой.

3. Крупные фасадные плитки размером 250х140х10 мм также изготовляют неглазурованными и глазурованными из беложгущихся тугоплавких или огнеупорных глин. Их применяют для облицовки фасадных поверхностей.

4. Цокольные глазурованные плитки (ими облицовывают поземные переходы) размером 150х75х7 мм являются изделиями штучного прислонного крепления. Их изготавливают со спекшимся черепком и покрывают глазурью.

5. Плитки для облицовки внутренних стен выпускают 28 типоразмеров (например: 150х150 мм) глазурованными. Их водопоглощение должно быть не более 16 %. Их применяют для внутренней облицовки стен в санузлах, кухнях, банях, прачечных пищевых и химических предприятий, станций метрополитена.

6. Керамические плитки для полов изготовляют из глиняной массы со стороной от 50 до 150 мм, толщиной 10 – 13 см.

К преимуществам полов из таких плиток можно отнести их:

а) водонепроницаемость;

б) малую истираемость;

в) полы из керамических плиток не пылят;

г) легко моются;

д) долговечны;

е) стойки к действию кислот и щелочей.

К недостаткам полов из керамических плиток можно отнести их:

а) хрупкость;

б) высокую теплопроводность;

в) высокую трудоемкость их устройства.

3. Керамические материалы и изделия различного назначения

Глиняная черепица – старейший вид кровельных материалов. Черепица может иметь красновато - розовую или светло желтую окраску; для ее производства используют глины типа кирпичных. Специальные виды черепицы покрывают глазурью различных тонов. Достоинством черепицы является ее долговечность и огнестойкость. К недостаткам можно отнести большую массу по-

крытия (до 65 кг/м^2), хрупкость, необходимость устройства большого уклона (более 30 градусов) для быстрого стока воды, а также высокую трудоемкость устройства кровли.

Керамические трубы (канализационные) – применяют для отвода сточных вод на химических заводах, внутренний диаметр составляет 150 – 600 мм, длина 800 – 1200 мм. Поверхность труб внутри и снаружи покрывают кислотоустойчивой глазурью.

Дренажные трубы – применяют для осушения грунтового основания под зданиями и сооружениями. Выпускают такие трубы с внутренним диаметром 25 – 250 мм, длинной 500 мм неглазурованными и глазурованными с перфорацией на стенках.

Санитарно-технические изделия изготавливают из фаянса, фарфора и полуфарфора. Формируют их методом литья. Изделия из фаянса (унитазы, умывальники, сливные бачки) имеют пористый черепок с водопоглощением 10 – 12 % и $\sigma_{сж}$ = 100 МПа. Их покрывают глазурью.

Полуфарфор имеет спекшийся черепок (W = 3 – 5 %, $\sigma_{сж}$ = 150 – 500 МПа).

Фарфор еще более плотный (W = 0,2 – 0,5 %, $\sigma_{сж}$ до 500 МПа). Это позволяет изготовлять их него тонкостенные изделия.

Керамзит – входит (как и ячеистые штучные изделие и легкий кирпич) в группу теплоизоляционных керамических изделий. Керамзит – ячеистый материал в виде гравия или щебня с γ_0 = 150 – 800 кг/м^3, водопоглощением 15 – 25 %, Мрз 15 (не менее), $\sigma_{сж}$ = 0,3 – 5,5 МПа. Керамзит используют как заполнитель для легкого бетона и железобетона, а также в качестве теплоизоляционных засыпок.

Кислотоупорные керамические изделия (кирпич, плитки, трубы, различная аппаратура и ее детали, сосуды, насосы, мельницы, сифоны). Кирпич и кислотоупорную плитку для полов кислотостойкостью не менее 92 % применяют для устройства полов в цехах с агрессивными средами ($W_{кирпича} \leq$ 12 %, $\sigma_{сж}$ =15 ÷ 40 МПа).

Кирпич для дорог (клинкерный) выпускают марок 400, 600 и 1000, Мрз 30 – 100, W = 2 – 6 %. Его применяют для мощения полов промышленных зданий, дорог и т. д.

Огнеупорнъые материалы (корундовые, динасовые, шамотные, хромитовые и т. д.). Эти материалы обладают следующим важными свойствами:

• огнеупорностью (свыше 1580° С);

• прочностью под нагрузкой при высокой температуре;

• термостойкостью;

• газонепроницаемостью;

•постоянством объема и формы.

2.4. Стекло и плавленые изделия

Стеклами называют твердые, хрупкие, изотропные материалы, получаемые при охлаждении силикатных расплавов.

Ситаллы – стеклокристаллические материалы, в которых (благодаря направленной кристаллизации) микрочастицы кристаллической фазы равномерно распределены в стекле.

Наиболее широко применяют в строительстве следующие виды изделий:

Оконное листовое стекло и стеклянные изделия

а) Оконное листовое стекло выпускают толщиной от 2 до 8 мм, его светопропускаемость составляет 85 – 90 %.

Выпускают также орнаментное стекло с проволочной сеткой, цветное армированное и теплопоглощающее.

б) Профильное строительное стекло (стеклопрофилит) – изделия коробчатого и швеллерного сечения шириной 110 – 500, высотой 30 – 55 и толщиной 5 – 6 мм, γ_0 =2,5 г/см^3 термостойкость – 100° С, предел прочности при изгибе – не менее 900 кг/см^2.

Такое стекло стойко к воздействию концентрированных кислот и щелочей.

Стеклопрофилит применяют для устройства светопрозрачных стен, перегородок и кровли.

в) Закаленное стекло получают путем быстрого охлаждения листового стекла струей воздуха; это стекло имеет высокую прочность (1200 – 2000 кг/см^2) при изгибе, применяют его для изготовления цельностеклянных дверей и остекления уникальных зданий.

г) Стеклопакеты – изготовляют из стекол (оконного, армированного), герметично соединенных между собой по периметру, но с промежутками между стеклами 15 – 20 мм. Применение стеклопакетов упрощает конструкции оконных проемов промышленных зданий, увеличивает световую площадь и уменьшает теплопотери.

д) Шлакоситаллы – их получают из металлургических шлаков введением специальных добавок и тепловой обработкой, обеспечивающей кристаллизацию масс.

Шлакоситаллы хорошо сопротивляются истиранию и действию высоких температур, имеют высокую прочность ($\sigma_{шл}$ = 5000 – 6500 кг/см^2, $\sigma_{из}$ = 900 – 1200кг/см^2).

2.5. Лакокрасочные материалы

Лакокрасочные материалы – это составы, наносимые в жидком виде тонким слоем на лакируемую или окрашиваемую поверхность и образующие прочно сцепляемую с ней тонкую пленку.

Цель использования лакокрасочных материалов:

1) для защиты от разрушающего действия атмосферных влияний;
2) для защиты от загнивания и для защиты от действия водяных паров и влаги;
3) для защиты от возгорания;
4) для придания наружным поверхностям декоративных свойств;
5) для улучшения санитарно-гигиенических условий в помещении.

К группе лакокрасочных материалов относятся:

– пигменты;

– растворители и связующие вещества;

– масляные краски;

– эмалевые краски;

– известковые краски;

– полимерные краски;

– водно-клеевые краски;

– лаки и политуры.

Пигменты – тонко измельченные цветные порошки, не растворимые в воде и органических растворителях (спирты, лаки, скипидар), но способные равномерно смешиваться с ними.

Пигменты подразделяют на минеральные (неорганические) и органические. По происхождению пигменты подразделяют на природные и искусственные.

Природные пигменты получают обработкой глинистых пород, содержащих оксиды железа.

Искусственные пигменты (белила, кроны, зелени) получают путем сложных химических процессов.

Пигменты имеют следующие свойства:

– укрывистость (кроющая способность пигмента) – это расход пигмента на 1 $м^2$ окрашиваемой поверхности;

– красящая способность – способность пигмента передавать свой цвет в смеси с белилами;

– светостойкость – способность пигмента сохранить свой цвет при действии света;

– атмосферостойкость;

– маслоемкость – количество масла, которое надо добавить к пигменту для получения красочной пасты;

– антикоррозионная стойкость – способность в сочетании с растворителями защищать черные металлы от ржавления.

Наиболее распространенные пигменты:

белые – природный пигмент мел (используется для водных, клеевых и казеиновых красок), искусственные – белила цинковые, титановые и свинцовые (кроющая способность белил – 100 г/м^2);

желтые пигменты – охра (природный пигмент), крон свинцовый и крон цинковый (искусственные);

синие пигменты – ультрамарин, железная лазурь (искусственные);

зеленые пигменты– оксиды хрома, зелень цинковая;

красные пигменты: мумия природная и искусственная, сурик, крон красный;

*коричневы*е пигменты– умбра, сурик железный;

черные пигменты – графит, сажа.

При изготовлении красочных составов используют следующие связующие:

а) масляные – олифы (натуральные, искусственные, полунатуральные);

б) клеевые:

- натуральные: костный клей, мездра, декстрин, казеин;
- искусственные: ПВА (поливинилацетат), КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза), МЦ (метилцеллюлоза).

В современном строительстве широко используются лаки. Лаки представляют собой растворы природных смол (пленкообразующих веществ) или полимеров в органических растворителях (в растительных маслах).

Высыхают лаки с образованием твердых покрытий.

Растворители – жидкости для доведения малярных составов до рабочей консистенции (уайт-спирит, скипидар, лаковый бензин, сольвент, нафта); являются важным компонентом лаков.

Наибольшее распространение получили следующие красочные составы:

– масленые краски густотертые и готовые к употреблению (приготовленные путем растирания олифы с пигментами в специальных машинах-краскотерках);

– эмалевые краски (приготовленные на лаках);

– водноизвестковые краски;

– водноклеевые краски (колеры);

– эмульсионные краски. В качестве водных эмульсий пленкообразователей применяют масло в воде, спиртовые лаки, нитролаки.

Широкое применение находят вспомогательные материалы – шпатлевки, замазки, грунтовки, применяемые перед нанесением лакокрасочных материалов для придания окрашиваемой поверхности ровности и однородности.

2.6. Асбестоцементные изделия

Асбестоцементные изделия получают из смеси портландцемента (80 – 90 %), волокон асбеста и воды. К достоинствам этих изделий можно отнести их высокую механическую прочность при изгибе (до 420 кг/см^2), высокую морозостойкость и малую теплопроводность. Одновременно им присущи такие недостатки, как хрупкость и пониженная прочность при насыщении водой.

Виды асбестоцементных изделий, применяемые в строительстве

1) Листы асбестоцементные волнистые периодического профиля (выпускают длиной 1750, 2000, 2500 мм, шириной 1090 мм и 1150 мм и толщиной 6 – 8 мм), применяют для устройства покрытий и облицовки стен.

2) Листы асбестоцементные волнистые унифицированного профиля длиной 1750, 2000, 2500 мм, шириной 1125 мм и толщиной 7,5 мм.

3) Облицовочные асбестоцементные плиты (размером 1200х800 мм, 400х400 мм, 150х150 мм, толщиной 5 и 6 мм).

4) Асбестоцементные унифицированные стеновые панели (длиной 6 м и шириной до 3,3 м).

5) Асбестоцементные трубы напорные и безнапорные (для систем теплопровода и водопровода).

6) Асбестоцементные короба для устройства вентиляции производственных и вспомогательных зданий.

2.7. Металлы и металлические изделия

Из металлов в строительстве больше других применяются сталь и чугун.

Наиболее широко применяют низкоуглеродистые стали с содержанием углерода менее 0,25 %. Из них сооружают каркасы промышленных зданий, резервуары, трубопроводы, изготовляют арматуру для железобетона, а также профилированные изделия (уголки, двутавры, швеллеры, сталь полосовая).

Наиболее широко применяют в строительстве стали следующих марок:

Ст. 3.(а также Ст.0, Ст.4 и Ст.5) – обыкновенная и круглая – применяется для арматуры железобетонных конструкций.

Ст.5 – круглая горячекатаная периодического профиля – используется для изготовления листовых конструкций резервуаров и трубопроводов.

Серый чугун применяют для изготовления конструкций, работающих на сжатие, а также для отливки радиаторов, отопительных систем, канализационных труб.

Одним из существенных недостатков металлических конструкций является коррозия. Для защиты от коррозии в строительстве применяют лакокрасочные покрытия.

Алюминиевые сплавы в строительстве в виде прокатных профилей применяют для несущих конструкций промышленных зданий, а также в ограждающих конструкциях в виде алюминиевых панелей; при этом вес стен и покрытия уменьшается в 10 – 50 раз, затраты на ремонт зданий – в 2 – 3 раза.

2.8. Неорганические минеральные вяжущие материалы

Неорганическими вяжущими веществами называют порошкообразные материалы, которые при смешивании с водой образуют пластично-вязкую массу («вяжущее тесто»), которая со временем постепенно самопроизвольно затвердевает, превращаясь в прочное камневидное тело.

Переходя из тестообразного в камневидное состояние, вяжущее вещество скрепляет между собой зерна песка, гравия или щебня. Это свойство вяжущих используют для изготовления бетонов, силикатного кирпича, асбестоцементных и других необожженных искусственных материалов и для изготовления строительных растворов (кладочных, штукатурных и специальных).

Способность переходить из пластичного состояния в камневидное тело (затвердевать) отличает неорганические вяжущие от органических (дегтей, битумов, животного клея, смол) вяжущих, которые переводят в рабочее состояние нагреванием, расплавлением или растворением в органических жидкостях.

Неорганические вяжущие подразделяют на 3 группы:

1) Воздушные вяжущие,

2) Гидравлические вяжущие и

3) Вяжущие автоклавного твердения.

Воздушные вяжущие способны твердеть, повышать (набирать) прочность и длительное время сохранять прочность только на воздухе (в воде недостаточно стойки).

По химическому составу воздушные вяжущие делятся на 4 группы:

1. *Известковые вяжущие*, состоящие главным образом из оксида кальция (CaO).

2. *Магнезиальные вяжущие*, содержащие каустический магнезит MgO и каустический доломит $MgO{\cdot}CaCO_3$ и затворяемые растворами солей $MgCl_2$ или $MgSO_4$.

3. *Гипсовые вяжущие*, основой которых является сульфат кальция ($CaSO_4$).

4. *Жидкое (растворимое) стекло* – силикат натрия или калия (в виде водного раствора) $Na_2O \cdot n \cdot SiO_2$ или $K_2O\ mSiO_2$

Гидравлические вяжущие твердеют, набирают и длительное время сохраняет прочность не только на воздухе, но и в воде. По своему химическому составу гидравлические вяжущие отвечает системе CaO - SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3. Их подразделяют на 3 группы:

1) гидравлическая известь и романцемент;

2) силикатные цементы (они на 75 % состоят их силикатов кальция); к ним относятся портландцемент и его разновидности;

3) алюминатные цементы (вяжущей основой которых являются алюминаты кальция); к ним относятся глиноземистый цемент и его разновидности.

Вяжущие автоклавного твердения – это вещества, способные при автоклавном синтезе (происходящем в среде насыщенного водяного пара) затвердевать с образованием прочного цементного камня. В эту группу входят известково-кремнеземистые, известково-зольные, известково-шлаковые вяжущие и нефелиновый цемент.

2.8.1. Воздушные вяжущие

1. <u>*Воздушная известь*</u> – это вяжущее, получаемое умеренным обжигом, не доводимым до спекания, карбонатных пород (известняка, мела, ракушечника), содержащих до 8 % глинистых примесей по реакции

$$CaCO_3 \xrightarrow{1100-1200°C} CaO + CO_2. \qquad (2.4)$$

Обжиг ведут с удалением CO_2, так как реакция является обратимой. В результате обжига получают продукт белого или серого цвета (главной составляющей которого является CaO и MgO) – негашеную известь (кипелку или комовую известь).

Превращение комовой извести в рабочее состояние достигается ее гашением или сухим помолом.

Негашеная молотая известь применяется с 1940 года в штукатурках, а также для изготовления строительных деталей.

2. Гашеная известь

Процесс гашения извести происходит быстро по реакции:

$CaO + H_2O Ca(OH)_2$ +15,5 ккал (реакция протекает с выделением тепла)

При этом увеличение объема достигает 3 – 3,5 раз и комья извести рассыпаются в мельчайший порошок, называемый гидратной (гашеной) известью или пушонкой.

Гасят известь на заводах в чашечных или барабанных гидраторах, внутри которых она перемешивается с водой лопастями (шнеком).

На стройках известь часто гасят не в пушонку, а в известковое тесто (воды при этом берется в 2 раза больше).

Процесс твердые извести.

Известковый раствор (известковое тесто, смешанное с песком или шлаком) на воздухе постепенно отвердевает под влиянием двух одновременно происходящих процессов:

1) перекристаллизация гидроокиси кальция $Ca(OH)_2$ при испарении воды (при этом мельчайшие кристаллы $Ca(OH)_2$, сближаясь между собой, образуют прочный кристаллический сросток;

2) карбонизация – действие углекислоты (которая всегда содержится в воздухе в количестве ≈ 0,03 %) вызывает образование сростков карбоната кальция:

$$Ca(OH)_2 + CO_3^{2-} + 2H^+ = CaCO_3 + 2H_2O \ . \qquad (2.5)$$

В результате карбонизации образуется то же вещество, из которого получали известь.

3) При твердении извести происходит еще один процесс, вызывающий ее упрочнение в строительных растворах: в присутствии влаги происходит очень медленное взаимодействие $Ca(OH)_2$ с SiO_2. При этом образуются силикаты кальция (но для этого нужны многие десятилетия). Высшая прочность известковых растворов, обнаруживаемая в сооружениях трехсот-четырехсотлетней давности, объясняется образованием в них с течением времени именно силикатов кальция.

В сухой среде известь практически не карбонизируется, поэтому известковые составы нельзя наносить на сухую поверхность фасадов в жаркую сухую погоду.

Процесс твердения в системе известь – песок можно резко ускорить – для этого их нужно подвергнуть тепловлажностной обработке в автоклавах (при 175 – 200 °С), и уже через 10 – 20 МПа (а после месяца твердения в обычных условиях $\sigma_{сж} \approx 0{,}4 – 0{,}8$ МПа).

Воздушную известь применяют для изготовления силикатного кирпича, штукатурных и кладочных растворов, красочных составов, плотных и ячеистых силикатных изделий. Для кладки фундаментов и в сырых помещениях воздушную известь применять нельзя.

Комовую известь превращают также в рабочее состояние путем сухого помола. Получаемый продукт называется молотой известью-кипелкой. При затворении его водой CaO растворяется до образования насыщенного раствора, и одновременно происходит гидратация CaO. Насыщенный раствор CaO быстро становится пресыщенным по отношению к $Ca(OH)_2$ (т.к растворимость $Ca(OH)_2$ меньше растворимости CaO). При этом температура известкового теста повышается, что способствует быстрому уплотнению смеси.

2. *Магнезиальные вяжущие*

Магнезиальными вяжущими являются тонкоизмельченный каустический магнезит (MgO) и каустический доломит ($MgO \cdot CaCO_3$), которые получают

умеренным обжигом (650 – 670 °С) природных магнезитов ($MgCO_3$) и доломитов ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) :

$$MgCO_3 \xrightarrow{650-670°C} MgO + CO_2. \qquad (2.6)$$

В результате обжига образуется каустический магнезит (MgO), обладающий вяжущими свойствами. После обжига материал дробят и подвергают помолу.

В отличие от извести, гипса и гидравлических вяжущих магнезиальные вяжущие затворяют не водой, а водными растворами хлористого и сернокислого магния ($MgCl_2$ и $MgSO_4$), так как MgO в воде растворяется плохо и прочность магнезиального вяжущего, затворенного водой, будет низкой.

При затворении солями Mg получается магнезиальный цемент, который схватывается не ранее 20 минут и заканчивает не позднее 6 часов от начала затворения. Каустический магнезит в возрасте 28 суток обладает прочностью на сжатие (в растворе 1:3) $\sigma_{сж}$ = 40 – 60 МПа.

Применяют магнезиальные вяжущие для изготовления:

1) ксилолита (смесь цемента с опилками); его используют для устройства полов (полы износоустойчивы и нетеплопроводны);

2) для производства фибролита (смесь цемента со стружкой – его используют как теплоизоляционный материал;

3) для изготовления искусственного мрамора (или плиток для облицовки).

Применять и хранить магнезиальные вяжущие можно только в сухих помещениях.

3. <u>Гипсовые вяжущие вещества</u>

Гипс – это полуводная сернокислая соль кальция $CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$. Сырьем для производства гипсовых вяжущих служат осадочные горные породы, называемые гипсом (гипс состоит из минерала $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), и ангидритом (ангидрит состоит из кристаллов $CaSO_4$).

Гипсовые вяжущие подразделяют на 2 групы:

а) низкообжиговые вяжущие

– Гипс строительный – получают термической обработкой с последующим помолом по реакции:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{140-180°C} \beta \cdot CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O. \qquad (2.7)$$

– Высокопрочный (или технический) гипс получают автоклавированием или кипячением по реакции:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{125°C} \alpha \cdot CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O. \qquad (2.8)$$

Высокопрочный гипс отличается большей прочностью (в 3 – 4 раза выше прочности строительного гипса).

Твердение гипса происходит очень быстро (через 4 – 5 минут после затворения и заканчивается через 6 – 30 минут) и заключается в присоединении воды и образовании двуводного сульфата кальция по реакции:

$$CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O. \qquad (2.9)$$

Строительный и высокопрочный гипс являются быстросхватывающимися вяжущими (в результате появления двуводного гипса и перехода коллоидных частиц в кристаллы тесто загустевает, т.е. происходит его «схватывание». Затем кристаллы $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ срастаются между собой, образуя прочный гипсовый камень).

Прочность гипса зависит от количества воды, взятой для его затворения, и от тонкости помола. Для получения подвижной и удобоукладываемой массы строительный гипс затворяют 50 – 70 % воды, а высокопрочной – 35 – 45 % воды. Избыток воды, испаряясь в процессе твердения, приводит к повышению пористости, т.е. к снижению прочности.

Твердеет гипс только в сухих условиях, и после просушивания рост прочности прекращается. Для ускорения твердения гипс можно подвергать сушке, но при температуре не выше 65 – 70 °С.

В качестве замедлителей твердения гипса используют:

– водный раствор столярного клея;

– сульфитно-спиртовую барду.

В качестве ускорителей схватывания используют:

а) поваренную соль и

б) сульфат натрия, который увеличивают растворимость полуводного гипса;

в) молотый гипсовый камень, частицы которого являются центрами кристаллизации.

Гипсовые изделия неводостойки, поэтому их необходимо покрывать водонепроницаемыми обмазками или вводить в состав добавки извести, шлака, портландцемента или мылонафта. Применяют гипсовые вяжущие

1) для производства гипсовых и гипсобетонных изделий

2) для приготовления штукатурных растворов (с добавками глины и извести). При хранении активность гипса постепенно снижается.

б) высокообжиговые гипсовые вяжущие вещества.

К группе высокообжиговых гипсовых вяжущих относят

а) ангидритовое вяжущее (цемент) и

б) высокообжиговый гипс.

Ангидритовый цемент изготовляют обжигом природного гипса при температуре 600 – 700 °:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O \xrightarrow{600-700°C} CaSO_4. \qquad (2.10)$$

В результате обжига получают безводный сульфат кальция $CaSO_4$, который затем подвергают помолу.

Ангидритовое вяжущее отличается медленным схватыванием. Его марки по прочности при сжатии могут достигать 100 – 200 (выпускается это вяжущее четырех марок: 50, 100, 150 и 200).

Применяют высокообжиговый гипс для изготовления:

1) строительных растворов и

2) низкомарочных бетонов, предназначенных только для службы в сухой среде.

Высокообжиговый гипс – получают обжигом природного гипса при температуре 800 – 1000° С с последующим помолом.

По срокам схватывания и прочности высокообжиговый гипс подобен ангидритовому вяжущему и поэтому может применяться только в сухих условиях.

Выпускают этот гипс трех марок: 100, 150, 200. Твердеет он без катализаторов.

4. Растворимое жидкое стекло и кислотоупорный цемент

Так как растворимое стекло применяют обычно в жидком виде, то его часто называют «жидким стеклом». Жидкое стекло – вязкая жидкость темно-желтоватого или коричневого цвета. Состав его выражается формулой

$$R_2O \cdot nSiO_2, \qquad (2.11)$$

где R – Na или K (Калий), т.е. жидкое стекло – это натриевый силикат $Na_2O \cdot nSiO_2$ или калиевый силикат $K_2O \cdot nSiO_2$. Жидкое стекло получают сплавлением при высокой температуре (1300 – 1400 °С) измельченых и тщательно смешанных между собой кварцевого песка, кальцинированной соды (Na_2CO_3) и сульфата натрия ($Na_2\ SO_4$) или поташа (K_2CO_3). Получают стекло в стекловаренных печах (варка 7 – 10 часов).

При быстром охлаждении масса распадается на куски, называемые *силикат-глыбой*. Для получения жидкого стекла силикат-глыбы растворяют в автоклавах (P = 3 – 8 атм) до сиропообразной консистенции.

Жидкое стекло медленно твердеет на воздухе вследствие высыхания и выделения аморфного кремнезема под действием углекислого газа по реакции:

$$Na_2O \cdot nSiO_2 + CO_2 = Na_2CO_3 + nSiO_2\,. \qquad (2.12)$$

Для ускорения твердения жидкое стекло нагревают и добавляют катализатор – кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 в количестве 12 – 15 % от веса жидкого стекла.

Применяют жидкое стекло для приготовления:

1) кислотостойких растворов и бетонов;
2) жаростойких обмазок и бетонов (с температурой службы 900 °С);
3) для уплотнения грунтов;
4) для изготовления суперлегких заполнителей.

Кислотоупорный цемент состоит из тонкоизмельченных и тщательно перемешанных кремнефтористого натрия (Na_2SiF_6) и кварцевого песка (SiO_2), затворяемых на жидком стекле ($Na_2O \cdot nSiO_2$).

Схватывается и твердеет кислотоупорный цемент при температуре выше 10 °С. Этот цемент и бетон на его основе (для которого крупный заполнитель берут тоже из кислотостойкой породы – кварцита или диабаза) стоек к кислотам (ко всем, кроме фосфорной кислоты, а также щелочей). Но он теряет прочность в воде.

Из него изготавливают:

а) резервуары на химических заводах;

б) ванны в травильных цехах;

в) кислотоупорные растворы, которые используют при футеровке кислотоупорными плитками (керамическими, стеклянными, диабазовыми) железобетонных и кирпичных конструкций на предприятиях химической промышленности.

Твердение кислотоупорного цемента основано на реакции между тонкомолотым песком и жидким стеклом, из которого выпадает гель кремнекислоты.

2.8.2. Гидравлические вяжущие вещества

Гидравлические вяжущие получают двумя способами:

1. обжигом горных пород или
2. смешиванием извести с активными минеральными добавками.

В результате такой обработки эти вяжущие получают гидравлические свойства.

Гидравлическая известь – это вяжущее, получаемое умеренным обжигом (при 900 – 1000 °С) мергелистых известняков, содержащих от 6 до 25 % глинистых примесей (глина состоит из различных водных алюмосиликатов общей формулы $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$.

Составные части гидравлической извести:

MgO, CaO, $CaO \cdot Al_2O_3$ – однокальциевый алюминат,

$2CaO \cdot SiO_2$ – двухкальциевый силикат,

$2CaO \cdot Fe_2O_3$ – двухкальциевый феррит.

При твердении гидравлической извести имеют место процессы:

1) воздушного твердения: наличие CaO в составе извести приводит к образованию $Ca(OH)_2$, а далее образовавшаяся $Ca(OH)_2$ постепенно кристаллизируется и одновременно идет процесс карбонизации по реакции:

$$Ca(OH)_2 + CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O. \qquad (2.13)$$

2) Гидравлическое твердение извести происходит в результате гидратации силикатов, алюминатов и ферритов кальция.

В возрасте 28 суток гидравлическая известь имеет прочность на сжатие $\sigma_{сж.} \approx 1{,}7$ МПа, а иногда, прочность на сжатие достигает 5 – 10 МПа.

По прочности гидравлическая известь значительно уступает портландцементу, но прочнее строительной извести.

Применяют гидравлическую известь для изготовления бетонов и растворов для работы и в сухих, и во влажных условиях.

Допускается ее применение для кладки фундаментов ниже уровня грунтовых вод, но при условии предохранения от воздействия воды в течении 7 – 14 дней.

Романцемент – продукт такого помола обожженных при 900 ºС известковых или магнезиальных мергелей, содержащих более 20 % глинистых включений. В возрасте 28 сут. имеет прочность $\sigma_{сис}$ = 25 – 10 МПа.
Но первые 3 – 5 дней твердение его надо ограждать от воздействия воды (т.к. это по сути сильно гидравлическая известь).

Силикатный цемент. Портландцемент

Цемент – это собирательное название группы гидравлических вяжущих, образовавшихся при высокотемпературной обработке смеси сырьевых материалов, доведенной до спекания.

На сегодняшний день изготавливают более 30 видов и разновидностей цемента.

Цементы при твердении развивают прочность, характеризуемую маркой. Выпускаются цементы преимущественно марок 300, 400, 500 и 600, в отдельных случаях – более высоких марок.

С повышением марки возрастает эффективность применения цемента в бетонах и растворах за счет уменьшения его расхода.

Портландцемент (гидравлическое вяжущее) представляет собой продукт тонкого помола цементного клинкера, получаемого спеканием при температуре 1450 ºС сырьевой смеси из известковых мергелей, углекислотной извести и глины.

Объемный вес цемента в рыхлом состоянии составляет γ_0 = 900 – 1100 кг/м^3, а в уплотненном состоянии объемный вес цемента увеличивается и достигает γ_0 = 1400 – 1700 кг/м^3.

Сроки схватывания портландцемента регламентированы и составляют: – начало – не ранее 45 мин от момента затворения; а конец схватывания – не позднее 12 час от начала затворения.

Эти сроки обеспечивают транспортирование и применение растворных и бетонных смесей до момента потери пластичности и удобоукладываемости.

Для регулирования сроков схватывания портландцемента при помоле в его состав добавляют до 5 % гипса.

С повышением температуры сроки схватывания портландцемента ускоряются, с понижением – замедляются, а при температуре ниже 0 ºС – прекращаются.

Водопотребность портландцемента – это количество воды, необходимое для его гидратации и придания цементному тесту определенной подвижности. Для процесса гидратации требуется около 15 % воды, но для обеспечения подвижности цементного теста воды берется значительно больше.

Лишняя вода образует в цементном растворе и бетоне поры (при испарении). Поэтому чем ниже водопотребность цемента, тем выше его качество.

Твердение портландцемента – сложный физико-химический процесс, в котором различают 3 периода:

1) гидролиз и гидратация C_3S;
2) коллоидация;
3) кристаллизация.

При твердении в течение длительного времени в воде цемент получается более прочным, чем при твердении на воздухе.

При схватывании и твердении портландцемента выделяется тепло (его количество приблизительно равно 1/10 части величины, характеризующей марку цемента, т.е. $Q \approx 0{,}1R_ц$: цемент марки М 300 выделяет за 7 суток с момента затворения ≈ 30 ккал/кг. Зимой это хорошо, а летом – плохо.

При длительном хранении цемент теряет свою активность:

за 3 мес. – на 20 %,

за 6 мес. – на 30 %;

за 1 год – на 40 %.

Особые виды портландцемента:

1) *Пластифицированный* (это портландцемент с добавкой ССБ в количестве 0,15 – 0,25 вес.%)

Его применение обеспечивает повышение пластичности растворов и бетонов, уменьшает отношение воды к цементу по массе, что повышает прочность и уменьшает расход цемента на 8 – 10 %. Выпускают пластифицированный портландцемент следующих марок: М 300, 400, 500, 600.

2) *Гидрофобный* портландцемент представляет собой обычный портландцемент с гидрофобной добавкой и добавкой гипса. В качестве гидрофобной добавки применяют мыло, нафт или олеиновую кислоту в количестве 0,06 – 0,3 %.

Этот цемент не боится увлажнения, не слеживается и долго не теряет активность. Выпускают гидрофобный портландцемент марок М 300, 400, 500, 600.

3) Быстротвердеющий портландцемент (уже через 24 часа твердения его прочность на сжатие достигает 20 МПа, а в возрасте 3 суток превышает 25 МПа).

Это обеспечивается: 1)повышенной добавкой гипса;

2) более тонким помолом клинкера;

3) специальным подбором сырьевой смеси.

4) Сульфатостойкий портландцемент выпускают марок М 250, 300 (он содержит ≤ 5 % C_3A). Этот портландцемент стоек к действию сульфатных грунтовых вод.

5) Портландцемент с умеренной экзотермией. Выпускают марок М 300, 400.

Этот цемент отличается повышенной стойкостью в сульфатных грунтовых водах.

6) Белый и цветной цементы – имеют декоративное назначение. Обычный цвет потрландцемента – зеленовато-серый (из-за примесей FeO и MnO). Белый цемент изготавливают из белых глин и чистых известняков, не содержащих этих оксидов. Обжиг его ведут на газе. Выпускают белый цемент трех марок: М 300, 400, 500.

Цветной цемент получают совместным помолом белого клинкера с охрой, железным суриком и другими пигментами.

2.9. Полимерные материалы

2.9.1. Полимерные связующие

Полимерные связующие – это синтетические или природные вещества, способные самопроизвольно или под действием различных факторов (веществ-отвердителей, температуры и др.) переходить из жидкого состояния в твердое.

В зависимости от отношения к нагреванию различают полимеры:

А) термопластичные и

Б) термореактивные.

Термопластичные вещества (термопласты) при нагревании переходят из твердого состояние в вязкотекучее (жидкое), а при охлаждении вновь затвердевают, причем такие переходы могут повторяться много раз. Большинство термопластов способны растворяться в соответствующих растворителях.

К термопластам относятся:

- синтетические полимеры - полиэтилен, полипропилен, полибутилен, полистирол, поливинилхлорид, поливинилацетат, эфиры целлюлозы (метилцеллюлоза, нитроцеллюлоза) и др.;

- природные смолы – канифоль, копал, битумы, дегти и др.

Термопластичными называются вещества, которые под влиянием внешнего воздействия (температуры, ионизирующего излучения, под действием отвердителей и других факторов) переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

К термореактивным материалам (реактопластам) относятся: эпоксидные, полиэфирные, карбамидоформальдегидные, фенолоформальдегидные, фурановые смолы (олигомеры), каучуки в смеси с вулканизаторами и др.

В зависимости от агрегатного (физического) состояния полимерные связующие могут быть:

- вязкими жидкостями: олигомерные (эпоксидные, полиэфирные и др.) и мономерные (фурфурольные, фурфуролацетоновые и др.) связующие;

- водными дисперсиями полимеров (латексы синтетических каучуков, поливинилацетнаня и полиакрилатная дисперсии и др.);

- порошками и блочными продуктами (гранулы, листы, пленки: полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат).

А. Термопластичные синтетические полимерные связующие

Наибольшее применение в строительстве получили следующие термопласты: полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол, поливинилацетат, перхлорвинил, полиизобутилен. Для получения полимербетонов и полимерцементных материалов из этих полимеров чаще всего используют поливинилацетат и его сополимеры, перхлорвинил, поливинилхлорид и полистирол.

Полиэтилен – один из наиболее распространенных полимеров; при поджигании горит одновременно плавится (температура перехода в вязкотекучее состояние 90 – 130 ^{o}C) с характерным запахом парафина. Плотность полиэтилена 920 – 960 кг/м^{3}. При комнатной температуре полиэтилен практически не растворяется ни в одном из растворителей, но набухает в бензоле и хлорированных углеводородах; при температуре выше 70 – 80 ^{o}C он растворяется в указанных растворителях. Полиэтилен обладает высокой химической стойкостью, биологически инертен. Прочность при растяжении 20 – 45 МПа. Сохраняет эластичность при температуре 70 ^{o}C. Его недостатки – низкие теплостойкость и твердость, горючесть и слабая адгезия к минеральным материалам, под действием солнечного света полиэтилен охрупчивается (стареет). Для ингибирования процессов старения в него вводят наполнители (сажу, алюминиевую пудру) и стабилизаторы.

Полипропилен – по составу и свойствам близок к полиэтилену, отличается от него большей твердостью, прочностью и теплостойкостью (температура перехода в вязкотекучее состояние 170 ^{o}C).

Полиэтилен и полипропилен применяются для изготовления труб, пленок, листов, формовочных прессованных и литьевых изделий, защитных изделий, изоляционных лент, уплотняющих материалов, клеев, мастик и др.

Полиизобутилен – каучукоподобный полимер, обладающей хорошей адгезией к большинству материалов. Применяется в строительстве в качестве защитных листовых и пленочных материалов, мастик, замазок и др.

Полистирол – прозрачный жесткий полимер плотностью 1050 – 1080 кг/м^3; хрупкий при комнатной температуре, размягчается при температуре 80 – 100 ^{o}С. Хорошо растворяется в ароматических углеводородах, сложных эфирах и хлорированных углеводородах. Полистирол и его сополимеры – горючие вещества. Для снижения хрупкости и придания специальных свойств выпускают сополимеры стирола с другими мономерами или совмещают полистирол с каучуками (ударопрочный полистирол).

Поливинилацетат – прозрачный бесцветный жесткий при комнатной температуре полимер плотностью 1190 кг/м^3. Поливинилацетат растворяется в кетонах (ацетоне), сложных эфирах, хлорированных и ароматических углеводородах, набухает в воде; в алифатических (нефтяных) и терпеновых (скипидар) углеводородах не растворяется. Поливинилацетат не устойчив к действию кислот и щелочей; при нагревании выше 130 – 150 ^{o}С он разлагается с выделением уксусной кислоты. Отличается высокой адгезией к камню, стеклу, древесине. Для снижения хрупкости в поливинилацетат добавляют 5 – 30 % пластификатора (как правило, дибутил- или диоктифталата).

Большое количество поливинилацетата выпускается в виде поливинилацетатной дисперсии (ПВАД) – сметанообразной массы белого или светло-кремового цвета, хорошо смешивающейся с водой (содержание полимера около 50 %). Средний размер частиц дисперсии 3 мкм. Срок хранения ПВАД при температуре 5 – 20 ^{o}С – 6 месяцев. На ее основе выпускают клеи, водно-дисперсионные краски, моющиеся обои. ПВАД применяют для устройства мастичных наливных полов и для модификации цементных растворов. Дисперсией,

разбавленной до 5 – 10 % концентрации, грунтуют бетонные поверхности перед приклеиванием облицовки на полимерцементных и полимерных мастиках и перед нанесением полимерцементных растворов. Поливинилацетатная дисперсия разбавляется водой в любом соотношении и хорошо совмещается с цементом и гипсом без каких-либо признаков коагуляции.

Недостатком материалов на основе ПВАД является их чувствительность к воде: материалы набухают и в них могут появиться высолы (связано с наличием в ПВАД поливинилового спирта). Так как дисперсия имеет слабокислую реакцию (pH 4,0 – 6,0), при ее нанесении на металлические поверхности возможна коррозия металла.

Поливиниловый спирт – термопластичный водорастворимый полимер. Свойства поливинилового спирта (ПВС) зависят от его молекулярной массы и содержанием остаточных ацетатных групп. Все марки ПВС хорошо растворяются в горячей воде (90 – 95 ^{o}C). Используют ПВС в строительстве в качестве эмульгирующего и стабилизирующего поверхностно-активного вещества при получении полимерцементных растворов и бетонов, а также как самостоятельную полимерную добавку к растворам и мастикам (например, в шпатлевочных составах). ПВС устойчив к действию жиров, нефтепродуктов, разбавленных кислот и щелочей.

Б. Термореактивные полимерные связующие

Термореактивные полимерные связующие, как правило, олигомерные смолы, имеющие вид вязких жидкостей или высококонцентрированных водных растворов.

В процессе отверждения олигомерные смолы переходят в высокополимерное состояние, образуя макромолекулы в виде пространственных сеток. В отвержденном виде они отличаются большей прочностью и теплостойкостью, чем термопластичные полимеры.

Термореактивные полимерные связующие используются в основном для получения полимербетонов, полимеррастворов, полимермастик, клеевых и гер-

метизирующих компаундов. Некоторые из них применяются и в полимерцементных материалах. Наибольшее применение среди термореактивных олигомеров нашли эпоксидные, полиэфирные, фенолоальдегидные, карбамидные, ацетоноформальдегидные, фурановые и полиуретановые смолы.

Эпоксидные смолы – олигомерные продукты в виде вязких жидкостей или твердообразных веществ, растворимых в органических растворителях и плавящиеся при нагревании, прозрачные, от светло-желтого до коричневого цвета. При введении отвердителей эпоксидные смолы переходят в твердое и нерастворимое состояние. Отвердителями служат амины, ангидриды органических кислот, фенолоформальдегидные смолы и другие продукты. В зависимости от вида отвердителя смолы отверждаются при комнатных или повышенных температурах.

Отвержденный эпоксидный полимер обладает высокими деформационно-прочностными показателями, водостойкостью, хорошей адгезией к металлу, дереву, искусственным и природным каменным материалам, химической стойкостью. Теплостойкость отвержденных полиэпоксидов 150 – 250 ^{o}C.

Наибольшее распространение получили эпоксидно-диановые олигомеры (марок ЭД-22; ЭД-20; ЭД-16; ЭД-14; ЭД-10; ЭД-8) выпуск которых составляет более 80 % общего выпуска эпоксидных смол.

При нагревании до 35 – 50 ^{o}C эпоксидно-диановые смолы переходят в низковязкие подвижные олигомерные жидкости. Все диановые смолы нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях (ацетоне, бензоле, толуоле и др.). Для отверждения эпоксидных материалов применяют аминные отвердители холодного отверждения: диэтилентриамин (ДЭТА), триэтилентетрамин (ТЭТА), аминоформальдегидные отвердители (АФ-2) и др. Чаще всего применяют полиэтиленполиамин (ПЭПА) – технический продукт: смесь ТЭТА и ДЭТА.

Для снижения хрупкости отвержденных полиэпоксидов их часто пластифицируют. Для этого вводят в смолу 15 – 20 % (по массе) дибутилфталата или

других пластификаторов. Пластификаторы, кроме этого, эффективно разжижают вязкие смолы, облегчая приготовления смесей. Недостаток такой пластификации – снижение прочности и адгезионных свойств отвержденной смолы и появление хрупкости у полиэпоксидов в процессе эксплуатации в результате улетучивания пластификатора.

Эпоксидные полимеры не взрывоопасны: они горят лишь при внесении в источник огня.

Полиэфирные смолы – смесь олигомерных ненасыщенных эфиров с мономерами (в соотношении по массе 70 : 30). В качестве ненасыщенных эфиров используют полиэфирмалеинаты и полиэфиракрилаты. Мономерами, с помощью которых осуществляется сшивка молекул полиэфира по ненасыщенным связям, является стирол, метилметакрилат, акрилонитрил и др. Мономеры, кроме этого, снижают вязкость смолы.

Для отверждения полиэфирной смолы к ней добавляют инициаторы и ускорители отверждения. Инициаторами служат, как правило, перекисные соединения. Для ускорения распада перекиси используют активные вещества – ускорители. Наиболее часто для отверждения полиэфирмалеинатов применяют перекись изопропилбензола (гипериз) и в качестве ускорителя – нафтенат кобальта в виде 10 % - ного раствора в стироле. Оптимальное содержание реагентов составляет 3 – 4 и 6 – 8 % от массы смолы.

С целью снижения хрупкости полиэфирные смолы модифицируют тиоколовыми и карбоксилатными каучуками, вступающими во взаимодействие с полиэфирами.

Карбамидные смолы – олигомерные продукты конденсации мочевины (карбамида) с формальдегидом. Это наиболее дешевый и доступный вид синтетических смол, однако они обладают меньшей прочностью, чем эпоксидные и полиэфирные материалы, и низкой водостойкостью. Недостаток карбамидных смол – наличие в них около 30 – 40 % свободной воды, связывание которой является необходимым условием получения прочного материала. Обычно это

достигается введением дополнительного вяжущего – гипса, фосфогипса, изоцианатных продуктов, химически связывающих воду, или цеолитов, впитывающих ее.

Для отверждения карбамидной смолы необходимо создать кислую реакцию среды (pH = 3 – 4). Поэтому в качестве отвердителя используют минеральные (серную, соляную, фосфорную) или органические (щавелевую, лимонную) кислоты, кислые соли, солянокислый анилин. В практике строительства последний используют наиболее часто. Эффективным катализатором твердения служит сернокислое железо. Необходимость кислой реакции среды затрудняет использование карбамидных смол в сочетании с цементами.

Отверждение карбамидных смол с одновременной пластификацией достигается при использовании полиамидной водорастворимой смолы. Модификация карбамидных смол осуществляется поливинилацетатными дисперсиями, латексами каучуков, поливиниловым спиртом.

Основная трудность применения карбамидных смол в полимерных бетонах – наличие значительных количеств свободной воды – в твердеющей смеси, а использование их в полимерцементных материалах затруднено необходимостью поддержания кислой реакции среды.

Фенолоальдегидные смолы – олигомерные продукты конденсации фенола или его производных (крезола, резорцина) с альдегидами (обычно формальдегидом). Фенолоальдегидные смолы выпускаются резольные, отверждающиеся при изменении реакции среды на кислую или при нагревании, и новолачные, нуждающиеся в введении отверждающего вещества. Для получения полимербетонов чаще применяют резольные смолы.

Для отверждения используют серную кислоту (контакт Петрова), бензолсульфокислоту (БСК) и другие сульфокислоты в количестве 10 – 25 % от массы смолы; фосфорная, соляная и органические кислоты дают менее прочные отвержденные композиции.

Лучшими свойствами, чем фенолоформальдегидные, обладают резорцин-формальдегидные смолы. Они хорошо отверждаются формалином при температуре выше 10 ^{o}С. Жизнеспособность смолы с отвердителем 2 – 4 ч.

В отвержденном виде фенолоальдегидные смолы хрупкие, их модифицируют битумами, каучуком, полиамидами и другими полимерными веществами. Фенольные смолы хорошо смешиваются с эпоксидными, фурановыми материалами.

Фурановые материалы. К ним относят фурфурольные, фурфуролацетоновые, фурфурол-карбамидные и фуриловые мономеры и олигомеры. Более 70 % объема фурановых полимеров приходится на фурфуролацетоновые мономеры марок ФА (молярное соотношение фурфурола и ацетона 1 : 1), ФАМ (1,5 :1), ДИФА (2 : 1), 4ФА и др. Качественный и количественный состав фурфуролацетоновых материалов определяется соотношением исходных компонентов, технологией синтеза продуктов и весьма сложен: монофурфурилиденацетон, дифурфурилиденацетон, монофурфурилидендиацетон, фурфурол, ацетон, полимеры, тетрафурфурилиденацетон, диацетоновый спирт, оксид мензитила, вода, зола и др. Достоверных данных о химическом составе мономеров ФА и ФАМ в настоящее время не имеется.

Полифункциональность фурановых олигомеров обусловлена наличием ненасыщенных связей в гетероцикле, сопряженных карбонильной и винильной групп в боковых цепях, подвижного атома водорода в α - положении фуранового цикла.

Структурирование фурановых олигомеров, т.е. образование неплавких, нерастворимых густосетчатых полимеров трехмерной структуры, осуществляется следующими методами: термическим (нагрев до 180 – 200 ^{o}С), каталитическим (с применением катализаторов полимеризации катионного типа), введением в состав ингредиентов (например, полиаминов), обеспечивающих одновре-

менное структурирование по конденсационному и полимеризационному механизмам.

В качестве структурирующих агентов каталитического типа, имеющих различную реакционную способность, для фурановых мономеров и олигомеров используют ароматические сульфокислоты или сульфохлориды (*п*-толуол сульфокислота, *п*- толуолсульфохлорид, бензолсульфокислота, продукт сульфирования газоконденсата – ГСК, сульфированные остатки синтетических жирных кислот - СКО и др.), минеральные кислоты (серная, фосфорная, соляная и др.), галогениды металлов (алюминия, железа, магния и т.д.) и другие кислые катализаторы .

Ацетоноформальдегидные смолы – олигомерные продукты конденсации ацетона и формальдегида. В зависимости от соотношения ацетона и формальдегида получают олигомеры различным марок – слабоокрашенные вязкие жидкости, содержащие 10 – 25 % свободной воды. Смолы растворяются в воде и устойчивы к длительному хранению.

Отверждение смол происходит в результате взаимодействия карбоксильных, гидроксильных и карбонильных групп в присутствии щелочей и аммиака. В качестве отвердителя используют смесь полиэтиленполиамина и гидроксида натрия в количестве 15 и 4 % от массы смолы соответственно. Благоприятное влияние щелочной среды на твердение ацетоноформальдегидных смол указывает на возможность их использования в полимерцементных материалах.

Полиуретановые смолы – химически активные олигомеры, легко отверждающиеся водой, гликолями. Обладают высокой прочностью, эластичностью, износо- и химической стойкостью. Полиуретановые смолы используют для получения искусственных кож, поролона, эффективных теплоизоляционных материалов, лаков, эмалей и т.п. Применение их в технологии полимербетонных и полимерцементных материалов сдерживается их относительной высокой стоимостью.

2.9.2. Каучуки и каучукоподобные полимеры

Каучуками и каучукоподобными называют эластичные материалы. При приложении растягивающей силы они могут удлиняться в 2 – 10 раз, а при прекращении действия этой силы восстанавливают свои первоначальные размеры.

Большинство каучуков довольно плохо растворяются, но сильно набухают в органических растворителях.

Каучуки выпускают в виде твердых, эластичных продуктов, вязкой жидкости (жидкие каучуки) или в виде водных дисперсий – каучуковых латексов. Латексы содержат 30 – 60 % каучука в виде мельчайших частиц средним диаметром 0,1 – 0,5 мкм, взвешенных в воде. Латексы имеют преимущество перед другими формами синтетических каучуков: они легко совмещаются с другими материалами (цементом, наполнителями), легко распределяются на поверхности тонкой пленкой, абсолютно не горючи и в них отсутствуют дорогостоящие и токсичные органические растворители.

В строительстве каучук и каучукоподобные полимеры используют главным образом для изготовления эластичных клеев, мастик и красок, модификации битумных и полимерных материалов, изготовления материалов для полов и герметиков, а также для модификации бетонов.

Чаще в строительстве применяют бутадиен-стирольный, полихлоропреновый, тиоколовый (полисульфидный) и бутилкаучук; кроме того, используют каучукоподобные полимеры – полиизобутилен, хлорсульфированный полиэтилен и др.

2.9.3. Природные органические полимеры

К природным полимерным продуктам, применяемым в строительстве, относятся природные смолы, органические масла, целлюлоза и некоторые белковые вещества. Для получения вяжущих веществ, применяемых в отделочных работах, природные полимеры модифицируют с целью улучшения их свойств.

Природные смолы. В строительстве чаще всего применяют продукты, получаемые при переработке смолы хвойных деревьев: канифоль и скипидар. Сосновая канифоль – хрупкая стекловидная масса желтого цвета, состоящая в основном из смоляных кислот (до 90 %). При температуре 55 – 70 ^{o}C она размягчается, а при температуре 120 ^{o}C превращается в жидкость. Канифоль хорошо растворяется во многих органических растворителях: ацетоне, эфире, скипидаре, уайт-спирите и спирте. Растворы канифоли обладают клеящими свойствами. Применяют канифоль в качестве составной части клеящих мастик для улучшения их адгезионных свойств.

Олифы – пленкообразующие вещества на основе уплотненных растительных масел или жирных алкидных смол. Олифы – прозрачные жидкости от желтого до вишневого цвета, хорошо смачивающие дерево, металл и другие строительные материалы. При нанесении тонким слоем они затвердевают (высыхают) в результате окислительной полимеризации с образованием эластичных пленок, нерастворимых в воде и органических растворителях. Для ускорения твердения олиф часто применяют сиккативы – соли свинца, марганца, кобальта и др.

Выпускают олифы: натуральные, полунатуральные (оксоль) и глифталевые (алкидные). Они отличаются содержанием растительного высыхающего масла – льняного, конопляного, соевого и др. Для строительных целей большей частью используют глифталевые олифы, обеспечивающие необходимое качество материала при минимальном расходе пищевых масел. Олифы применяют в качестве пленкообразующего компонента в масляных красках, и как вяжущее-пластификатор в мастиках и замазках при облицовочных работах.

Масляные лаки – растворы натуральных и синтетических смол в высыхающих маслах. Смеси лаков с пигментами называются эмалями. В облицовочных работах лаки и эмали используют как вяжущий и пластифицирующий компоненты в приклеивающих мастиках.

Целлюлоза – самый распространенный природный полимер, образующий стенки растительных клеток. В чистом виде в качестве органического вяжущего

целлюлозу не применяют. Она практически не растворяется ни в воде, ни в органических растворителях. На практике в основном используют простые и сложные эфиры целлюлозы – нитроцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, оксилэтилцеллюлоза.

Нитроцеллюлоза – продукт, получающийся при обработке целлюлозы азотной кислотой; при содержании азота 10 – 12 % такой продукт называется коллоксилин. Нитроцеллюлоза растворяется в ацетоне, этилацетате; хорошо пластифицируется дибутилфталатом и камфорой. Применяют нитроцеллюлозу для получения шпатлевок и мастик. Нитроцеллюлоза легкогорючий материал.

Карбоксиметилцеллюлоза – порошкообразный или волокнистый продукт белого цвета, хорошо растворяющийся в воде. Образующийся вязкий раствор обладает хорошими клеящими свойствами. Карбоксиметилцеллюлозный клей биостоек, не токсичен, стоек к действию жиров, масел, и органических растворителей. Этот клей используют для наклеивания обоев, изготовления шпатлевок, мастик и штукатурных смесей.

Оксиэтилцеллюлоза – порошкообразный или волокнистый продукт белого цвета, растворимый в воде. Водные растворы характеризуются высокой вязкостью; оксиэтилцеллюлоза в них проявляет свойства поверхностно-активного вещества. Применяется оксиэтилцеллюлоза и ее растворы как загуститель водно-эмульсионных красок, в качестве стабилизатора и эмульгатора в растворных и бетонных смесях, пластификатора в производстве керамических изделий.

Казеин – порошкообразный продукт, получаемый обработкой кислотой обрата (обезжиренного молока). Казеин плохо растворяется в воде , но хорошо в щелочных растворах. Его применяют для приготовления мастик и шпатлевок, а также после растворения в аммиачной воде (в виде казеината аммония) в качестве стабилизатора каучуковых латексов в полимерцементных материалах.

Глютин (столярный клей) получают при вываривании костей, соединительных тканей и кожи животных. Применяется он в основном как добавка в полимерцементных мастиках и растворах.

2.9.4. Полимерные бетоны, растворы и мастики

Полимербетоны (этим термином, как правило, называют полимерные бетоны и растворы) представляют собой композиционные материалы, получаемые в результате твердения смесей, образованных полимерным связующим и заполнителем (мелким и крупным). Под полимерным связующим понимают композиции из жидковязких синтетических смол, модифицирующих, отверждающих и инициирующих добавок и тонкодисперсного наполнителя.

В полимербетонах в основном используют термореактивные смолы. В мастиках применяют как термореактивные смолы, так и термопласты в виде водных дисперсий (ПВАД, латексы синтетического каучука и т.п.) и реже в виде растворов полимеров в органических растворителях (каучуковые мастики). В зависимости от вида полимерного связующего полимербетоны могут быть: фурановые, фурфурольные, полиэфирные, эпоксидные, фенолоальдегидные, ацетоноформальдегидные и др. Связующее полимербетонов – это как бы микробетон, свойства которого зависят не только от свойств синтетической смолы, но и от дисперсности (характеризуемой удельной поверхностью), формы частиц, активности поверхности и других свойств наполнителя.

Полимербетоны, содержащие арматуру, называются *армополимербетонами*. В зависимости от материала арматуры различают сталеполимербетон и т.п. Арматура может быть в виде стержней и проволоки или отдельных волокон – дисперсная арматура. В качестве дисперсной арматуры используют отрезки тонкой проволоки, нити и волокна из стекла, горных пород и полимеров.

Средняя плотность тяжелых полимербетонов 2200 – 2400 кг/м^3. Плотность легких полимербетонов зависит от вида используемого наполнителя и составляет 250 – 300 кг/м^3.

Мастичные и полимербетонные безшовные полы. Безшовные покрытия полов из полимерных растворов и мастик применяют в основном в промышленных зданиях там, где необходимо иметь полы с повышенной коррозионной

стойкостью или где имеются повышенные требования к гигиеничности и беспыльности покрытий пола. В качестве связующего и полимербетона и полимеррастворах для химически стойких полов применяют модифицированные эпоксидные смолы, эпоксидные компаунды, полиэфирные смолы и реже фурановые смолы (они дают покрытия лишь черного цвета). Количество наполнителя и заполнителя подбирается максимальным, но при обязательном обеспечении плотности и непроницаемости слоя уложенного бетона.

Полимерцементные материалы – большая группа материалов получаемых на основе двух вяжущих: минерального и полимерного. В качестве минерального вяжущего могут быть использованы гипсовые, магнезиальные и гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, но наиболее часто – различные виды цемента. Полимерный компонент вводится непосредственно в тесто минерального вяжущего (бетонную смесь), и их твердение происходит совместно.

Обычно в полимерцементных материалах, минерального вяжущего в несколько раз больше, чем полимерного связующего. Основной характеристикой состава полимерцементных материалов служит соотношение (по массе) полимерного компонента и минерального вяжущего – *полимерцементное отношение (П/Д)*.

Полимерцементные материалы можно рассматривать как композиционные строительные материалы, основу которых составляет матрица затвердевшего минерального вяжущего с распределенным в ней в той или иной форме затвердевшим полимером. В зависимости от типа наполнителя и заполнителя и степени наполнения различают полимерцементные мастики с тонкодисперсным наполнителем и полимерцементные растворы и бетоны с мелким и крупным заполнителем.

В качестве полимерного компонента в полимерцементных материалах используют термопластичные полимеры (поливинилацетат, акриловые полимеры и др.) и каучуки, олигомерные термореактивные смолы (эпоксидные, карбамидные) и мономерные продукты (например, фурфуролацетоновый мономер).

Олигомерные и мономерые продукты под действием отвердителей, инициаторов или в результате воздействия температуры, pH, среды и т.п.

Расход полимеров в полимерцементных материалах составляет 2 – 20 % от массы минерального вяжущего (П/Ц = 0,02 – 0,2).

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Что представляют собой горные породы, в каких видах они встречаются и как классифицируются?
2. Какие виды каменных материалов применяют в строительстве?
3. Какими достоинствами и недостатками обладает древесина?
4. Какие виды древесных материалов применяют в строительстве?
5. Какими способами защищают древесные материалы от горения и гниения?
6. Какими способами сушат древесину?
7. Классификация керамических изделий, применяемых в промышленном строительстве?
8. Какие основные виды керамических изделий применяют в строительстве?
9. Какие изделия из стекла и ситаллов применяют в строительстве?
10. С какой целью используют лакокрасочные материалы и какими свойствами они обладают?
11. Какие изделия из асбестоцемента и с какой целью используют в промышленном строительстве?
12. Классификация неорганических вяжущих материалов.
13. Чем воздушные вяжущие отличаются от гидравлических? Какие изделия выпускают из вяжущих автоклавного твердения?
14. Какие виды воздушных вяжущих применяют в промышленном строительстве?
15. Какие виды гидравлических вяжущих применяют в промышленном строительстве?

16. Какие виды силикатных цементов применяют в промышленном строительстве?

17. Какие полимерные материалы применяют в строительстве?

18. Что представляют собой полимербетоны и где они применяются?

РАЗДЕЛ 3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ

3.1. Основания зданий и сооружений, их виды

Основанием промышленного здания является толща грунтов со всеми особенностями их напластования, воспринимающая нагрузку от веса здания и сооружения и обладающая необходимой несущей способностью. Основания подразделяют на скальные и нескальные. Скальными являются массивные горные породы, имеющие жесткие связи между зернами, залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива и характеризующиеся значительным пределом прочности на сжатие (5 МПа и более); нескальные (или грунтовые) представляют собой толщу либо несвязных горных пород, либо связных – при прочности связей во много раз меньшей прочности минеральных частиц – и характеризуются отсутствием жесткой связи между частицами грунта.

Нескальные основания подразделяют на естественные и искусственно улучшенные.

3.1.1. Естественные основания

Естественными основаниями являются грунты, обладающие необходимой несущей способностью. Естественные основания подразделяются на однородные, сложенные из грунта одного типа, и слоистые, которые в свою очередь подразделяются на имеющие *согласное* и *несогласное* залегание грунтов. Залегание считают согласным, если уклон отдельных слоев грунта не превышает 1 – 2 % и не имеется их выклинивания.

Грунты естественных оснований по их строительным свойствам подразделяют на крупнообломочные, песчаные и глинистые.

Крупнообломочные грунты состоят из напластованных несвязных скальных пород с преобладанием обломков различной формы и размеров с крупностью зерен более 2 мм (гравий, булыжник, галька и т.п.). Такие грунты при дос-

таточной мощности залегающего слоя, подстилаемого плотным, не подверженным размыванию водой грунтом, могут служить надежными основаниями.

Песчаные грунты обладают свойством сыпучести из-за отсутствия сцепления между отдельными зернами, что обусловливает их хорошую водопроницаемость и отсутствие выпучивания при замерзании. Строительные свойства песчаных грунтов зависят как от крупности зерен, так и от плотности грунта и степени насыщения его водой. Чем чище и крупнее песок, тем большую нагрузку он может выдержать. К тому же плотный песок, обладая небольшой сжимаемостью и значительной скоростью уплотнения под нагрузкой, дает быстрое прекращение осадки сооружений, построенных на нем. Поэтому песчаные грунты, залегающие плотным слоем и не размываемые водой, являются устойчивыми основаниями. Основания на пылевидном песке, разжиженном водой (плывун), а также с примесями глины или ила, требуют искусственного укрепления.

Глинистые грунты представляют собой химически разложившиеся и механически разрушенные горные породы, состоящие из очень мелких (меньше 0,005 мм) и крепко сцепленных между собой частиц. Глинистые грунты водонепроницаемые, и поэтому поры их всегда насыщены водой (до 20 %), которая при замерзании увеличивает объем грунта, вызывая его пучение. Глинистые основания, в отличие от песчаных, вызывают более продолжительную осадку зданий и сооружений, так как сжимаемость глины больше, чем песка, а скорость уплотнения ее под нагрузкой меньше. Основания в виде сухих глин могут нести значительные нагрузки от сооружений; расчетное же сопротивление оснований из пластичных и особенно разжиженных глин значительно уменьшается. Таким образом, несущая способность глинистых оснований зависит главным образом от их влажности.

3.1.2. Искусственные основания

При строительстве на слабых грунтах необходимо устраивать искусственные основания. Для этого различными способами уплотняют и закрепляют грунты, заменяют слабый грунт основания более прочным или делают свайные основания. Уплотняют грунт одним из следующих способов:

а) втрамбовыванием в него щебня, а также трамбовочными плитами массой 1 т и более, падающими с высоты 3 – 4 м; большие площадки слабых грунтов уплотняют катками;

б) вибрированием поверхностными вибраторами; этим способом хорошо и быстро уплотняются песчаные и пылеватые грунты, однако для глинистых грунтов вибрирование не дает эффекта;

в) силикатизацией – нагнетанием в основание по трубам, предварительно забитым в грунт, различных растворов. Для закрепления песчаных оснований и лессовых грунтов в них нагнетают раствор жидкого стекла, а затем хлористого кальция; для закрепления пылеватых грунтов используют раствор жидкого стекла с ортофосфорной кислотой;

г) цементацией – нагнетанием цементного раствора состава 1:1 (цемент М400: песок) или цементного молока, что повышает щелочестойкость основания;

д) битумизацией – нагнетанием в трещиноватые скальные породы и гравелистые грунты через скважины разогретого битума. Средние и мелкозернистые пески закрепляют холодной битумной мастикой.

3.1.3. Свайные основания

Свайные основания применяются в тех случаях, когда указанны мероприятий недостаточно для повышения несущей способности грунта, а также при глубоком залегании материка (несущего слоя грунта).

Сваи представляют собой погружаемые или сформированные в грунте в вертикальном или наклонном положении относительно длинные стержни, передающие нагрузки на основание за счет лобового сопротивления и трения грунта по боковой поверхности. Свайным основанием считают группу свай, объединенных сверху специальной конструкцией в виде плит или балок – ростверком, который, являясь несущей конструкцией, служит для опирания каркаса здания и предназначен для передачи и равномерного распределения нагрузки на сваи (рис.3.1.).

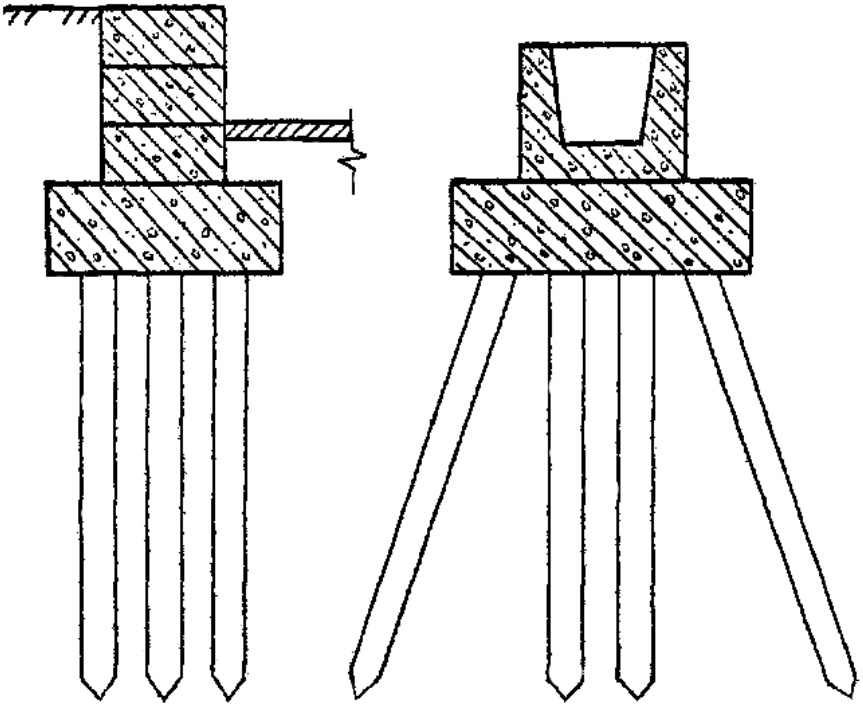

Рис.3.1. Свайные основания

По условиям изготовления и способам погружения сваи подразделяют на забивные и набивные. Забивные сваи (деревянные, железобетонные, металлические) погружают в грунт в готовом виде при помощи механических копров и вибропогружателей, вдавливанием при помощи статической нагрузки или завинчиванием. По способу изготовления различают набивные сваи без оболочек,

с неизвлекаемой оболочкой, с извлекаемой оболочкой. Набивные сваи (бетонные, железобетонные, щебеночные, песчаные и грунтоцементные) изготавливают непосредственно в грунте основания.

По характеру работы в грунте различают два типа свай:

– сваи-стойки, опирающиеся своими концами на прочный грунт и передающие на него нагрузку;

– висячие сваи, передающие нагрузку на грунт посредством сил трения, которые возникают между боковой поверхностью сваи и окружающим ее грунтом.

Забивные железобетонные сваи чаще всего имеют квадратное сечение от 200 х 200 до 400 х 400 мм и длину от 3 до 20 м, круглые полые сваи-оболочки имеют длину от 6 до 12 м.

3.2. Виды фундаментов. Фундаменты под колонны несущие стены и машины с динамическими нагрузками

Фундаментами являются конструкции, располагаемые ниже уровня земли и воспринимающие нагрузки от веса здания и передающие их на основание. Глубина заложения фундаментов зависит от следующих факторов: геологических и гидрогеологических условий строительной площадки (виды и характер грунтов, их физико-механические характеристики, наличие и уровень грунтовых вод), климатических условий района (глубина промерзания грунта), нагрузок на фундаменты и его конструкции, наличия соседних фундаментов, подвалов и т.п.

По конструкции фундаменты выполняют следующих типов:

а) ленточные (непрерывные) – устраивают под несущими стенами зданий, под рядами колонн, а также для придания большей жесткости и обеспечения выравнивания осадки сооружения;

б) отдельные (столбчатые) – устраивают под колонны каркасных зданий при неравномерности осадок, не превышавшей предельно допустимых значений;

в) сплошные – выполняют под всей площадью сооружения в виде сплошных железобетонных плит; эти фундаменты могут быть коробчатыми, в виде цилиндрических оболочек или оболочек двоякой кривизны. Сплошные фундаменты, работая на изгиб, выравнивают осадки в двух взаимно перпендикулярных направлениях и обеспечивают совместную работу основания и всего здания;

г) массивные – их выполняют в виде сплошного массива под все сооружение; эти фундаменты используют при строительстве дымовых труб, доменных печей, опор мостов и мачтовых сооружений, отличительной особенностью которых являются небольшие размеры в плане по сравнению с сооружением, а также значительные вертикальные и горизонтальные нагрузки, передаваемые на основание.

По роду материала фундаменты бывают бетонные, железобетонные, бутобетонные, кирпичные и каменные.

По способу изготовления фундаменты подразделяют на монолитные и сборные, а по условиям работы – на жесткие и гибкие.

Фундаменты под колонны промышленных зданий обычно устраивают отдельными (столбчатыми) стаканного типа (при достаточно редком размещении колонн и относительно небольших нагрузках на них). Фундаменты имеют специальные гнезда (стаканы), в которые устанавливают колонны: глубину заделки колонны в стакане фундамента принимают не меньше 1 – 1,5 большего размера поперечного сечения колонны. Зазоры между стенками стакана и колонной замоноличивают бетоном М 150 на мелком щебне (рис.3.2.). Отметка верхнего обреза фундамента должна находиться на 150 мм ниже отметки чистого пола первого этажа. Выполняют железобетонные фундаменты из тяжелых бетонов классов В15-В25, армируют сварными каркасами из горячекатаной стали класса AIII. Фундаменты под колонны многоэтажных зданий проектируют, как правило, ступенчатыми для уменьшения их объема и массы.

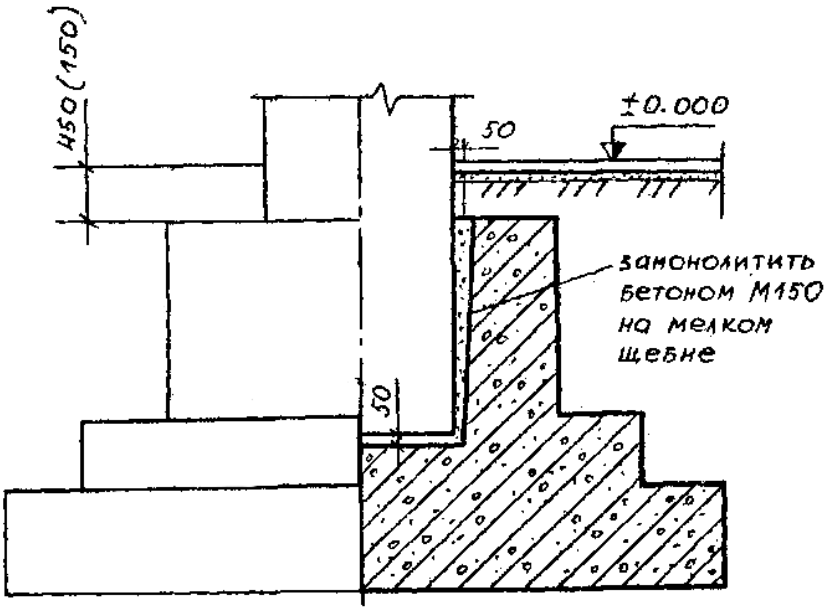

Рис.3.2. Конструктивная схема отдельно стоящего железобетонного фундамента стаканного типа

Наиболее распространенными фундаментами под несущие стены в настоящее время являются сборные железобетонные ленточного типа, выполняемые из бетонных блоков-подушек и фундаментных блоков, или монолитные, имеющие тавровое поперечное сечение с полкой по низу. Ленточные фундаменты устраивают также под рядами колонн – в тех случаях, когда подошвы отдельных фундаментов близко подходят друг к другу, что бывает при слабых грунтах и/или больших нагрузках.

Если несущая способность ленточных фундаментов недостаточна или деформация основания под ними больше допустимой, то устраивают сплошные фундаменты.

Фундаменты под оборудование и машины с динамическими нагрузками. По конструктивному признаку фундаменты под машины, испытывающие динамические воздействия периодического характера (как от машин равномерного вращения – например, электродвигателей, компрессоров, турбовоздуходувок

и т.д., так и от машин равномерного вращения, связанного с возвратно-поступательным движением кривошипно-шатунного механизма, – например, дизелей, лесопильных рам и т.п.), и под машины неравномерного вращения (типа приводных электродвигателей прокатных станов) или возвратно-поступательного движения, завершающегося одиночными или групповыми ударами (ковочные или штамповочные молоты, копры для дробления и т.д.), подразделяют на массивные, стеновые и рамные.

Массивные фундаменты конструируют с необходимыми выемками и отверстиями для отдельных частей оборудования и колодцами для анкерных болтов, фундаменты стенового типа образуют из нижней плиты и жестко соединенных с ней вертикальных стен продольного и поперечного направления; стены могут быть связаны между собой балками или диафрагмами, фундаменты рамного типа имеют вид каркаса из ригелей и стоек, стоящего на фундаментной плите.

Фундаменты под машины с динамическими нагрузками должны удовлетворять условиям прочности и устойчивости. Конструкция верхней части фундамента диктуется габаритами машины и удобством ее обслуживания. Прочность основания проверяют по сопротивлению грунта с понижающим коэффициентом 0,4 для фундаментов под кузнечные молоты и 0,8 – под турбоагрегаты.

Фундамент в целом должен быть скомпонован так, чтобы равнодействующая его массы и массы машины проходила через центр тяжести подошвы фундамента или имела незначительный (не свыше 3 – 5 %) эксцентриситет.

Для низкочастотных машин с частотой вращения до 1000 мин$^{-1}$ выполняют динамический расчет, которым определяют амплитуды колебаний в вертикальном и горизонтальном направлениях; вычисленные амплитуды не должны превышать установленных нормами для машин различных типов. Амплитуды колебаний фундаментов вычисляют с учетом деформативных характеристик основания. В рамных фундаментах принимают во внимание деформативные свойства рам; массивные и стеновые фундаменты считают совершенно жесткими.

Фундаменты выполняют из бетонов класса не ниже В12.5 с применением арматуры класса AI, AII, AIII. Массивные и стеновые фундаменты армируют только по поверхности, а также в местах ослабления отверстиями или приложения сосредоточенных сил. Рамные фундаменты армируют как стойки и ригели рам по нормам проектирования железобетонных конструкций.

Фундаменты под оборудование обычно выполняют монолитными, армируют их сварными сетками и каркасами.

3.3. Каркас промышленных зданий

Каркасом одноэтажных промышленных зданий называют систему связанных между собой колонн (стоек), несущих элементов покрытия, подкрановых балок и связей. В каркас включаются также фундаментные и обвязочные балки, устанавливаемые в плоскости каркасных стен.

Каркасы, многоэтажных зданий образуют так называемую пространственную этажерку, состоящую из системы соединенных между собой ригелей, колонн и плит перекрытий (горизонтальных диафрагм жесткости).

Материалом для устройства каркаса служат преимущественно железобетон, реже – сталь, различные сплавы и дерево. При выборе материала каркаса руководствуются характером силовых и несиловых воздействий, воспринимаемых каркасом, а также учитывают размеры пролетов, шага колонн, высоту здания, место строительства, требования огнестойкости и технико-экономические соображения.

3.3.1. Железобетонный каркас одноэтажных зданий

В современном индустриальном строительстве применяют в основном сборные железобетонные каркасы, конструктивные элементы которых типизованы. Железобетонный каркас устраивают из сборных или монолитных элемен-

тов; наиболее экономичными и распространенными считаются сборные конструкции каркаса.

Каркас является несущей основой здания и состоит из поперечных и продольных элементов. Поперечные элементы – рамы – воспринимают нагрузки от покрытия, снега, ветра, действующего на наружные стены и фонари, а также от навесных стен. Рамы сборного железобетонного каркаса состоят из колонн и несущих конструкций покрытия – балок или ферм. Эти элементы соединяют в узлах шарнирно при помощи металлических закладных деталей, анкерных болтов и небольшого количества сварных швов. Рамы собирают из типовых элементов заводского изготовления. Продольные конструкции здания обеспечивают устойчивость поперечных рам и воспринимают продольные нагрузки от ветра, действующего на торцевые стены здания и торцы фонарей, а также нагрузки от торможения кранов. К продольным элементам относятся подстропильные конструкции и связевые элементы, располагаемые в уровне опорных частей несущих конструкций покрытий. В зданиях, оборудованных кранами, связевыми элементами в продольном направлении служат подкрановые балки.

3.3.2. Основные элементы каркаса производственных зданий и их назначение

Основные элементы каркаса зданий подразделяются на 3 группы:

1) несущие – воспринимающие основные нагрузки в здании;

2) ограждающие – предназначенные для защиты внутреннего пространства здания от атмосферных воздействий, разделения здания на помещения и сохранения заданного температурно-влажностного режима;

3) выполняющие одновременно несущие и ограждающие функции.

Промышленные здания возводят из следующих архитектурно-конструктивных элементов (частей): фундаментов, фундаментных балок, стен, вертикальных опор (колонн), несущих элементов покрытий и перекрытий – ба-

лок, ферм, ригелей, кровли, парапетов, перегородок, фонарей, лестниц, полов, окон и дверей (рис. 3.3.).

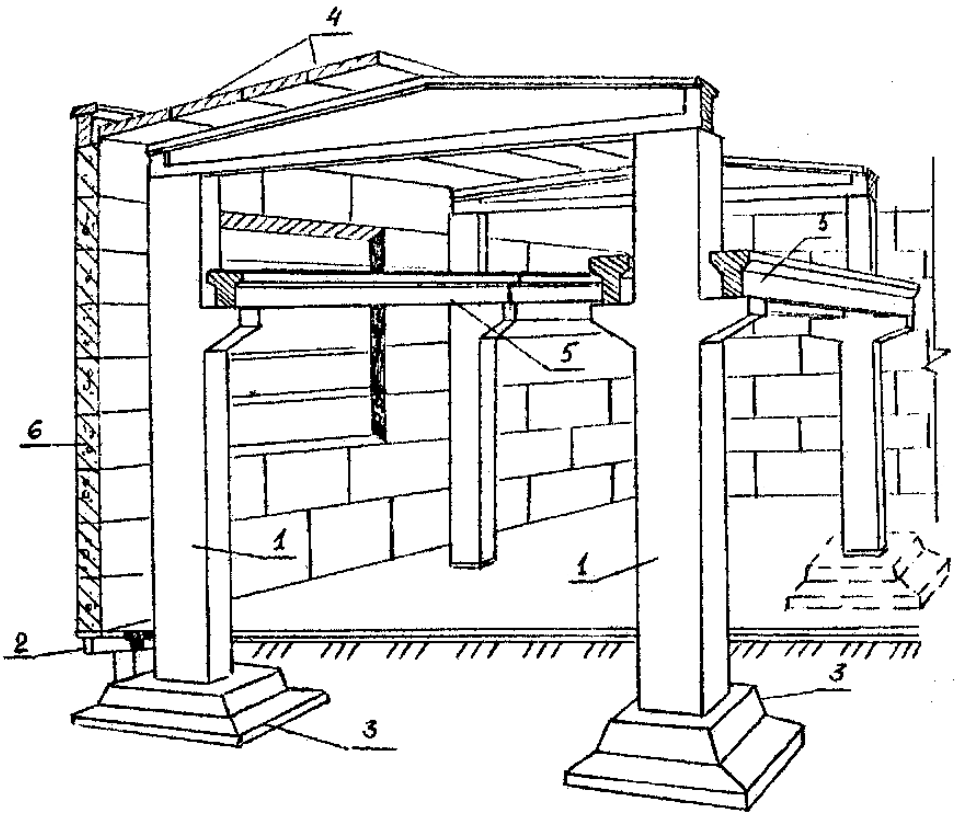

Рис.3.3. Каркас одноэтажного промышленного здания:
1 – колонна; *2* – фундаментная балка; *3* – фундамент;
4 – плиты покрытия; *5* – подкрановая балка;
6 – наружная стена

Фундаменты представляют собой подземную конструкцию, воспринимающую нагрузки от веса здания и оборудования и передающую их основанию.

Перекрытия разделяют внутреннее пространство на этажи, выполняют функции ограждающих и несущих конструкций, а также обеспечивают пространственную жесткость здания.

Вертикальные опоры (колонны) предназначены для поддержания покрытий и перекрытий.

Покрытие здания защищает его от атмосферных воздействий. Верхнюю гидроизоляционную оболочку покрытия называют кровлей.

Перегородки служат для разделения внутреннего пространства в пределах одного этажа на отдельные помещения. Перегородки несут только собственную массу и опираются на перекрытия нижнего этажа.

Лестницы служат для сообщения между этажами.

3.3.3. Колонны, их классификация, виды и основные типоразмеры

Конструкция сборных железобетонных колонн зависит от объемно-планировочного решения промышленного здания и наличия в нем того или иного вида подъемно-транспортного оборудования и его грузоподъемности. В связи с этим сборные железобетонные колонны подразделяют на две группы:

1) предназначенные для бескрановых цехов и цехов, оснащенных подвесным подъемно-транспортным оборудованием;

2) для цехов, оборудованных мостовыми кранами.

По конструктивному решению колонны подразделяют на одноветвевые и двухветвевые, а по местоположению в здании – на колонны крайних рядов, средние и располагаемые у торцевых стен. В тех случаях, когда бескрановое здание должно иметь высоту более 9,6 м, можно использовать колонны для зданий с мостовыми кранами. Для зданий, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т, применяют одноветвевые колонны прямоугольного сечения (рис.3.4.).

Выбор сечения колонны зависит от размеров пролета и их числа, величины шага колонн, наличия и вида подстропильных конструкций, подвесного транспорта и конструктивного решения покрытия.

Высота колонн включает в себя расстояние от уровня чистого пола до низа стропильной конструкции плюс глубину заделки в стакане фундамента.

Высота этажа промышленных зданий принята равной: 3,6; 4,8; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8 (через 1,2 м), 12,6; 14,4; 16,2; 18,0 (через 1,8 м).

Для зданий без мостовых кранов, имеющих высоту от пола до низа несущих конструкций покрытия до 9,6 м, применяют колонны прямоугольного се-

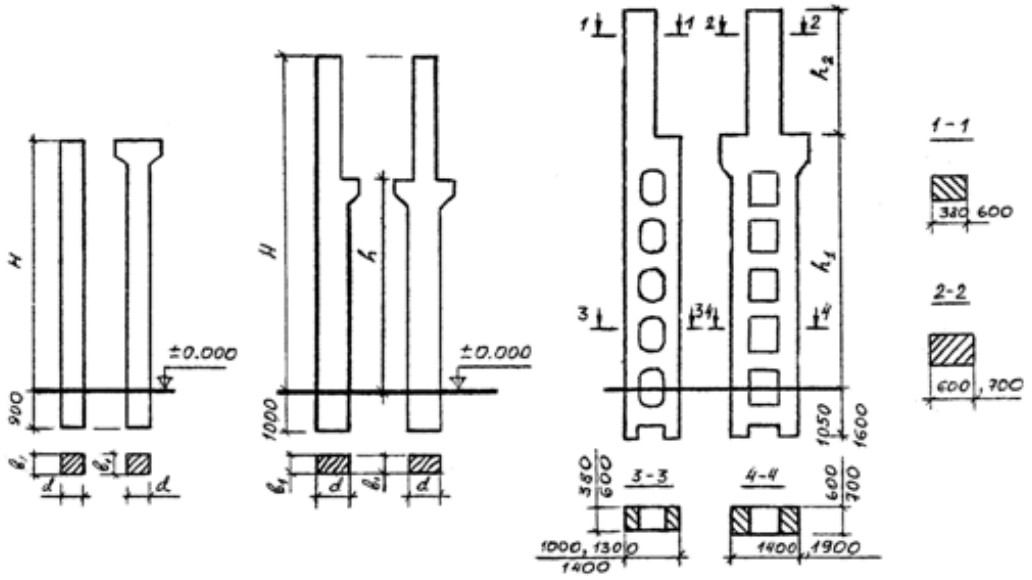

Рис. 3.4. Железобетонные колонны одноэтажных промышленных зданий

чения 400х400, 500х500 и 560х600 мм. Средние колонны имеют в верхней части со стороны боковых граней двусторонние консоли для увеличения площади опирания под несущие конструкции покрытия.

Типовые колонны запроектированы под максимальную расчетную нагрузку от полного веса покрытия со светоаэрационными фонарями, снеговой нагрузки и подвесного транспорта грузоподъемностью до 5 т, а также от покрытия и мостовых кранов грузоподъемностью до 50 т.

Колонны в зданиях с мостовыми кранами должны иметь консоль, стойку или отдельную ветвь для опирания подкрановых балок. Средние колонны имеют две подкрановые консоли, крайние выполняют с односторонним расположением подкрановой консоли. Колонны для зданий с мостовыми кранами состоят из надкрановой части (от верха колонны до подкрановых консолей) и подкрановой части (от подкрановых консолей до фундамента). Надкрановая

часть (надколонник) служит для опирания несущей конструкции покрытия, а подкрановая часть передает нагрузку от надколонника и подкрановых балок, опиравшихся на консоли колонн, на фундамент. Колонны крановых зданий бывают сплошные и двухветвевые (сквозные).

Двухветвевые (сквозные) колонны применяют для зданий, оборудованных мостовыми кранами общего назначения грузоподъемностью от 10 до 50 т, а также для бескрановых зданий с высотой этажа 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18,0 м при пролетах, равных 18, 24 и 30 м. Шаг колонн для крайних рядов 6 и 12 м, для средних рядов – 12 м. Двухветвевые колонны имеют в надкрановой части сплошное прямоугольное сечение, а в подкрановой части – две ветви также прямоугольного сечения, соединенных по высоте распорками через 1,5 – 2,0 м. Высота типовых двухветвевых колонн составляет 10.8 – 18 м. Сечения крайних и средних колонн при шаге 6 м составляют 400х600 и 400х800 мм, а при шаге 12 м – 500х800 мм. При кранах грузоподъемностью до 30 т и высоте здания более 10,8 м применяют ступенчатые (для крайних рядов) и ступенчато-консольные (для средних рядов) двухветвевые колонны.

Величина заглубления колонн ниже нулевой отметки зависит от вида и высоты колонн, грузоподъемности кранового оборудования и наличия помещений или приямков, располагаемых ниже уровня пола.

Выполняют колонны обычно в виде одного цельного элемента из тяжелого бетона марки 300, армируют сварными каркасами из горячекатаной стали класса AI. Средние колонны, испытывающие действия моментов двух знаков, армируют симметрично.

Просветы между распорками ветвей колонн используют для пропуска санитарно-технических и технологических коммуникаций.

В зданиях с сильноагрессивными средами нежелательно применять двухветвевые колонны, так как они имеют сложную геометрическую форму поперечного сечения, малодоступную для осмотра и окраски мест, где могут скапливаться влага и гигроскопическая пыль. В таких случаях рекомендуется применять сплошные колонны.

3.3.4. Фундаментные и подкрановые балки

Наружные и внутренние самонесущие стены здания устанавливаются на фундаментные балки, посредством которых нагрузка передается на фундаменты колонн каркаса. Фундаментные балки укладывают на специальные бетонные столбики, устанавливаемые на обрезы фундаментов. Балки укладывают под наружные стены вплотную к наружным граням колонн, под внутренние стены – между колоннами.

Фундаментные балки при шаге колонн 6 м применяются сборные железобетонные из бетона марок 300 – 350, при шаге колонн 12 м – с предварительно напряженной арматурой. Сечение фундаментных балок может быть тавровым, трапециевидным или прямоугольным. Основные фундаментные балки изготовляют высотой 450 мм (для шага колонн 6 м) и 600 мм (для шага колонн 12 м), а шириной 260, 300, 400 и 520 мм. Эти размеры соответствуют наиболее распространенной в промышленных зданиях толщине наружных стен. В местах устройства температурных швов укладывают балки, укороченные на 500 мм.

Для защиты пристенной полосы пола от промерзания и предотвращения деформации балок на пучинистых грунтах их снизу и с боков засыпают шлаком. Верхнюю грань фундаментной балки размешают на 30 – 50 мм ниже уровня чистого пола, который в свою очередь располагают на 150 мм выше отметки грунта. Поверх фундаментных балок укладывают гидроизоляцию из цементно-песчаного раствора или двух слоев рулонного материала на битумной мастике. На поверхности земли вдоль фундаментных балок по всему периметру здания устраивают асфальтобетонную отмостку для предотвращения подмокания фундаментов под наружные стены от атмосферных осадков.

Подкрановые балки предназначены для опирания рельсов мостовых кранов и обеспечения продольной пространственной жесткости каркаса здания.

Железобетонные подкрановые балки могут быть тавровотрапециевидного или двутаврового сечения; их применяют под краны легкого и среднего режима

работы при шаге колонн 6 и 12 м и грузоподъемности кранов до 30 т. В торцах здания на подкрановых балках устанавливают упоры для мостовых кранов.

3.3.5. Железобетонный каркас многоэтажных промышленных зданий

Элементы каркаса многоэтажных промышленных зданий должны обладать высокой прочностью, устойчивостью, долговечностью и огнестойкостью. Поэтому для этих зданий применяют железобетонные конструкции, которые могут быть монолитными, сборными или сборно-монолитными.

Стальной каркас применяют при больших нагрузках, при наличии динамических воздействий на несущие конструкции от работы оборудования или при строительстве зданий в труднодоступной местности.

Положительным качеством многоэтажных зданий является их компактность, в связи с чем заметно сокращается протяженность различных инженерных и транспортных коммуникаций. В многоэтажных зданиях размещают производства, в которых технологический процесс организуется по вертикали. В этом случае материалы поднимают на верхний этаж, откуда они самотеком перемещаются на нижележащие этажи для переработки. Так, например, на предприятиях пищевой, фармацевтической и химической промышленности многие цехи оборудуют вертикально расположенной аппаратурой большой высоты, и жидкие материалы перерабатываются при транспортировании их самотеком. Здесь также целесообразно применять многоэтажные здания или этажерки.

Этажерки представляют собой многоярусные сооружения без ограждающих конструкций и покрытия. На них размещают такое технологическое оборудование, на которое атмосферные влияния не оказывают вредного воздействия.

Преобладающей конструктивной схемой многоэтажных зданий является каркасная с навесными стенами. Здания с несущими стенами и внутренним каркасом применяются в последние годы сравнительно редко.

Многоэтажные каркасные здания сооружают по рамной схеме с жесткими узлами. Каркас состоит из вертикальных стоек (колонн), соединенных жестко с балками (ригелями) междуэтажных перекрытий и покрытий. В совокупности они образуют поперечную многоярусную раму, жестко защемленную в фундаментах. В продольном направлении поперечные рамы связывают настилом перекрытий и покрытий, образующих жесткие диафрагмы. Продольная жесткость обеспечивается также дополнительными стальными связями, которые размешают посредине каждого температурного блока.

Высота этажей может быть 3,6; 4,8; 6,0; 7,2 и 10,8 м. Высоту ,7,2 м применяют для первого и верхнего этажей, высоту 10,8 м – только для верхнего. Высота этажа считается между отметками чистого пола; высоту верхнего этажа при укрупненном пролете замеряют от уровня чистого пола этого этажа до низа строительной конструкции.

Для сооружения многоэтажных зданий применяют типовые сборные железобетонные колонны двух типов – крайние и средние. Для опирания ригелей у колонн предусмотрены консоли. По высоте колонны могут быть двухэтажной разрезки высотой на два этажа и поэтажной – высотой на один этаж (рис. 3.5.).

Для двух нижних этажей, как правило, применяют колонны только двухэтажной разрезки. Для третьего и четвертого этажей – высотой 3,6 м и 4,8 м – устанавливают колонны тоже двухэтажной разрезки. Колонны поэтажной разрезки используют при высоте третьего этажа и выше, равной 6 м.

На консоли многоэтажных зданий опираются ригели (балки) междуэтажных перекрытий и покрытия. Размер между консолями принимают равным высоте этажа. Расстояние от консоли до верхнего конца колонны равно 1780 мм у колонн средних этажей и 720 мм у колонн верхнего этажа. Таким образом, стыковку колонн производят на высоте 1,0 или 0,6 м от плоскости плит перекрытия, в зависимости от типа железобетонного ригеля. Это обеспечивает удобство производства работ при монтаже. Такое расположение стыка объясняется также

наименьшими усилиями, возникающими в месте стыка, в стойке каркаса при эксплуатации здания.

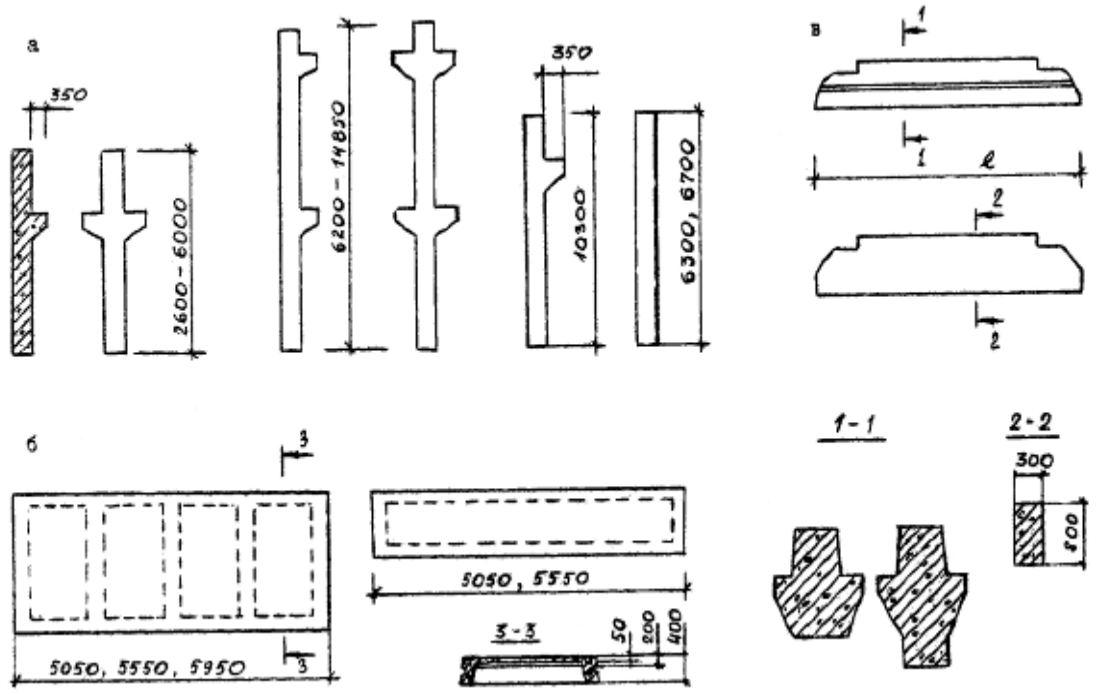

Рис. 3.5. Унифицированные сборные железобетонные элементы каркаса многоэтажного промышленного здания: а – колонны; б – плиты перекрытий; в – ригели перекрытий

Сечение колонн – прямоугольное 600х400 или 400х400 мм, причем у колонн нижних этажей сечение составляет 600х400 мм. Переход на сечение 400х400 мм обычно происходит на уровне верхней плоскости консоли второго этажа.

Ригели (балки междуэтажных перекрытий) изготавливают двух типов:

а) тип I – для опирания плит на полки;

б) тип II – для опирания плит на верхнюю плоскость ригеля.

Ригели типа II отличаются от ригелей типа I формой поперечного сечения. Они имеют прямоугольную форму высотой 800 и шириной 300 мм. Длина ригелей зависит от их расположения в здании (крайние, средние), а также от распо-

ложения по этажам, что связано с сечением колонн, и составляет 5000; 5300; 5500 для 6-метрового пролета и 8000; 8300; 8500 мм для 9-метрового пролета.

Для крепления ригелей по концам их в верхней части имеются выемки с выпусками стержней арматуры, которые сваривают с арматурой колонн, после чего стык замоноличивают бетоном М 100-150 на мелком щебне. Ригели для пролетов 6 м изготавливают из бетона М 200 без предварительного напряжения арматуры. Ригели для 9-метровых пролетов изготавливают с предварительным напряжением нижних стержней арматуры. Междуэтажные перекрытия в многоэтажных промышленных зданиях, как правило, делают сборными. Они состоят из ригелей и железобетонных ребристых плит.

Плиты подразделяют на две группы в зависимости от типа ригеля. Для опирания плит на полки ригелей типа I предусмотрено два типоразмера плит:

а) основные плиты, имеющие ребристую коробчатую конструкцию длиной 5500 и 5050 мм и шириной 1500 мм, а также укороченные плиты длиной 5050 мм, которые укладывают в торцах здания и в местах устройства деформационных швов;

б) доборные плиты, укладываемые у продольных стен и имеющие такую же длину, что и основные, шириной 740 мм и высотой 400 мм.

При использовании ригелей II типа плиты укладывают по их верху. Плиты II типа имеют один типоразмер: 5950х1490 мм; в качестве доборной применяют плиту I типа. Эти плиты имеют также коробчатую конструкцию. Межколонные плиты, имеющие в торцах вырезы для колонны, служат распорками, передающими горизонтальные продольные нагрузки на каркас здания их укладывают поверх ригелей.

В случае устройства каркаса многоэтажного здания (или этажерки), для легкого оборудования или вспомогательных помещений строят здания с безбалочными (сборными железобетонными) перекрытиями, имеющими ряд преимуществ, таких как возможность создания гладких потолков, не имеющих ребер, что способствует лучшему проветриванию и препятствует застою воздуха,

это особенно важно для помещений с взрывоопасными выделениями и необходимостью обеспечения высокой степени гигиеничности. Кроме того, помещения с гладкими потолками лучше освещаются.

В таких перекрытиях на колонны с консолями надевают квадратные в плане капители, служащие опорами надколонным панелям. Эти панели образуют замкнутый контур, на который и опираются пролетные панели, имеющие квадратную форму.

3.3.6. Условия применения стальных конструкций для каркасов одноэтажных промышленных зданий

Применение стальных конструкций для каркасов промышленных зданий в соответствии с "Техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов" (ТП 101-81) допускается только в приведенных ниже случаях.

а) Для стропильных и подстропильных конструкций:

- в отапливаемых зданиях с пролетами 30 м и более;
- в неотапливаемых зданиях и навесах различного назначения с асбестоцементной кровлей с пролетами до 12 м включительно при грузоподъемности подвесного подъемно-транспортного оборудования более 2 т, с пролетом 18 м при грузоподъемности подвесного подъемно-транспортного оборудования более 3,2 т;
- в зданиях и навесах пролетом 24 м и более;
- в неотапливаемых однопролетных зданиях с рулонной кровлей с пролетами 30 м и более;
- в многопролетных зданиях с пролетами 18 м и более;
- в зданиях с подвесным подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью более 5 т либо другими подвесными устройствами, создающими

нагрузки, превышающие предусмотренные для типовых железобетонных конструкций;

- в зданиях на участках с развитой сетью подвесного конвейерного транспорта;
- в зданиях с расчетной сейсмичностью 8 баллов с пролетами 24 м и более;
- в зданиях с расчетной сейсмичностью 9 баллов с пролетами 18 м и более, а также в случаях:
- возведения зданий в труднодоступных районах строительства;
- в зданиях с большими динамическими нагрузками (копровые цехи, взрывные отделения и др.);
- над горячими участками цехов с интенсивным теплоизлучением при температуре нагрева поверхности конструкций более 100 °С (холодильники прокатных цехов, отделения нагревательных колодцев, печные и разливочные пролеты и т.п.).

б) Колонны:

- в зданиях при высоте их от пола до низа стропильных конструкций более 18 м;
- при наличии мостовых кранов общего назначения грузоподъемностью 50 т и более независимо от высоты колонн, а также при меньшей грузоподъемности кранов тяжелого режима работы;
- при шаге колонн более 12 м;
- при двухъярусном расположении мостовых кранов.

в) Для подкрановых балок, светоаэрационных фонарей, ригелей и стоек фахверка.

г) Для типовых легких несущих и ограждающих конструкций комплексной поставки.

Применение стальных конструкций для каркасов одноэтажных производственных зданий при использовании новых эффективных утеплителей по сравнению с аналогичными традиционными конструкциями из железобетона и обычных теплоизоляционных материалов позволяет значительно снизить массу (вес) здания в целом.

Стальной каркас промышленного здания имеет конструктивную схему, аналогичную железобетонному каркасу.

Стальные колонны и их виды

Стальные колонны в зависимости от их поперечного сечения подразделяют на следующие:

а) сплошные:

– постоянного;

– переменного сечения;

б) решетчатые (сквозные) переменного сечения;

в) раздельные переменного сечения.

Колонны устраивают для бескрановых зданий и для зданий, оборудованных кранами. Колонны воспринимают совместно нагрузки от покрытия и кранов; при большой грузоподъемности кранов колонны раздельно воспринимают нагрузки от покрытия и от кранов. Соединения элементов колонн выполняют сварными, а при особо тяжелых крановых нагрузках – клепаными.

В поперечном сечении стальные колонны чаще всего представляют собой комбинацию нескольких прокатных профилей (швеллеров, двутавров, уголков, стальных листов), связанных накладками. Подкрановые балки опирают на колонны постоянного сечения через специально устраиваемые для этой цели консоли, а в ступенчатых – на уступы колонн (рис.3.6.).

Сплошные колонны по сравнению со сквозными менее трудоемки в изготовлении, но требуют большего расхода стали. Их применяют в бескрановых зданиях, а также в цехах с мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т. В

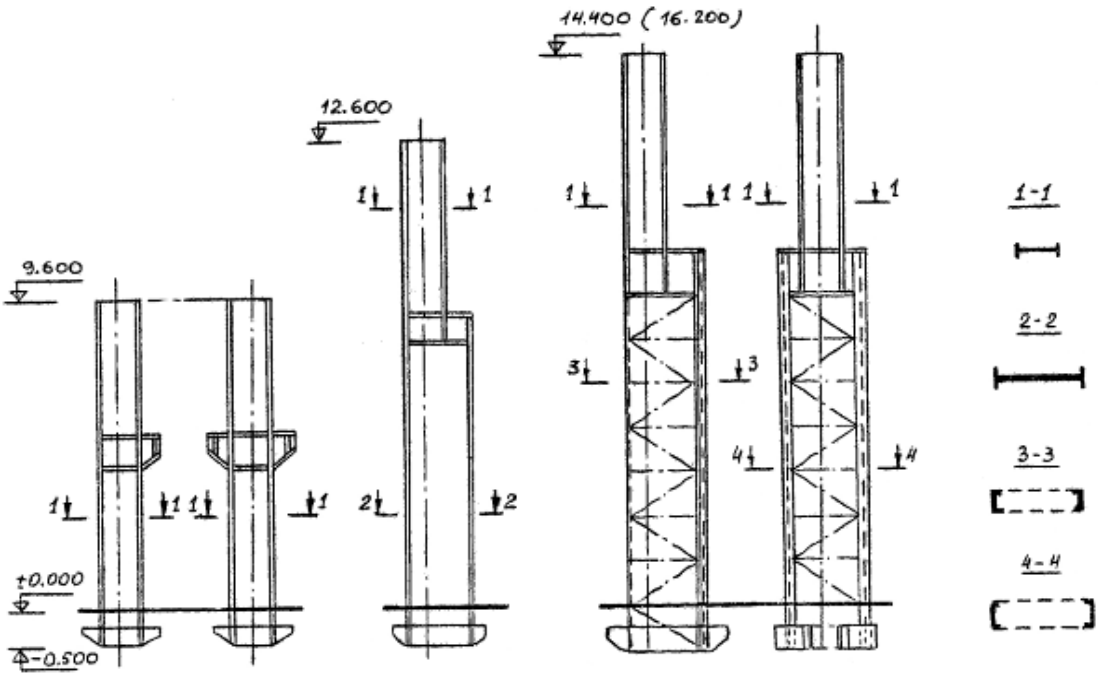

Рис. 3.6. Типы стальных колонн одноэтажных производственных зданий

остальных случаях применяют колонны переменного сечения, при этом надколонники могут быть сплошными или сквозными. Нижнюю подкрановую часть колонн при ширине ее до 800 мм делают сплошной, а в остальных случаях сквозной. Колонны раздельного типа в некоторых случаях бывают самыми экономичными, так как разделение передаваемых нагрузок от покрытия и кранов на две ветви дает наиболее полное использование материала. Сплошные колонны чаше всего выполняют из одного прокатного профиля или нескольких вертикальных листов, сваренных между собой по всей высоте колонны. Сквозные колонны состоят из нескольких отдельных ветвей, которые соединяют между собой решетками.

Нагрузку от колонн на фундаменты передают через башмаки, размеры которых определяют по расчету в зависимости от величины передаваемых нагрузок; башмаки располагают на 500 – 800 мм ниже уровня пола. Во избежание коррозии башмаки обетонивают.

Фундаментные балки при стальных каркасах выполняют железобетонными.

Стальные подкрановые балки

Стальные подкрановые балки могут быть разрезными и неразрезными, *сплошными* и *решетчатыми*. Наибольшее распространение получили разрезные подкрановые балки – из-за простоты конструктивного решения и индустриальности, хотя неразрезные подкрановые балки имеют лучшие условия эксплуатации подкрановых путей.

Решетчатые подкрановые балки следует применять при пролетах 12 м и более при использовании кранового оборудования легкого и среднего режимов работы с грузоподъемностью, не превышающей 50 т. Во всех остальных случаях применяют сплошные подкрановые балки.

Для восприятий горизонтальных сил от торможения тележки и перекосов крана, а также обеспечения общей устойчивости подкрановых балок необходимо предусматривать установку тормозных балок или ферм, которые крепятся сваркой к верхним поясам подкрановых балок. Ширина тормозных балок и ферм назначается с учетом необходимой жесткости и возможности прохода по подкрановым путям. При высоте подкрановых балок более 1200 мм необходимо дополнительно вводить диафрагмы.

Стальные несущие конструкции покрытий: балки, фермы, рамы и арки

В качестве стальных несущих конструкций покрытия применяют прокатные или составные балки, фермы, арки, пространственные и висячие системы.

Стальные прокатные и составные балки имеют чаше всего двутавровое сечение, их используют при пролетах 6 – 12 м.

Стальные фермы, применяемые в практике строительства, имеют различные типы, форму и очертания, выбор которых зависит от назначения и объемно-планировочного решения промышленного здания. Геометрические схемы типовых унифицированных стальных ферм приведены на рис.3.7.

Наиболее часто применяют фермы сегментные, параболические, с параллельными поясами, полигональные, треугольные, с параллельными поясами с

затяжкой и др. Фермы с параллельными поясами предназначены для зданий с плоским покрытием, а также для устройства подстропильных конструкций; их пролет может достигать 60 м и более. Полигональные фермы используют для устройства покрытий с рулонной кровлей при пролетах до 36 м. Треугольные

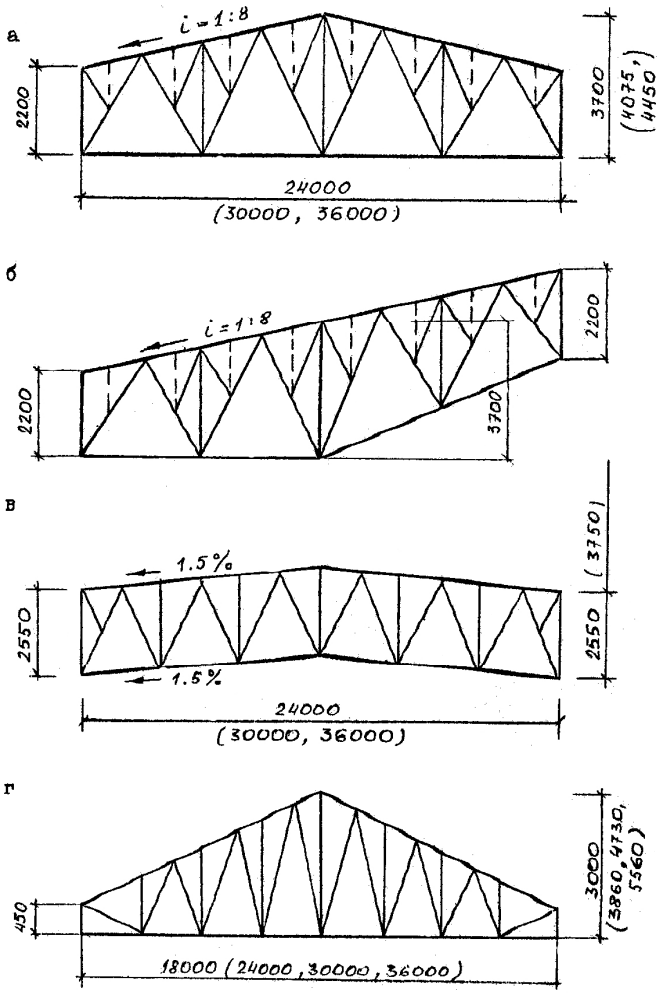

Рис. 3.7. Схемы (геометрические) типовых унифицированных стальных ферм (а, б, в – для отапливаемых зданий, г – для неотапливаемых)

фермы дают возможность осуществить покрытия с крутыми кровлями из асбестоцементных или стальных листов, вследствие чего высота ферм в середине пролета достигает значительных размеров; это ограничивает перекрываемые ими пролеты до 36 – 48 м. В массовом промышленном строительстве применя-

ют унифицированные полигональные фермы пролетом 24, 30 и 36 м с уклоном верхнего пояса 1:8 и высотой в опорном узле 2200 мм, плоские с параллельными поясами пролетом 24, 30 и 36 м и высотой в опорном узле 2550, 3750 и 3750 мм соответственно и уклоном верхнего пояса 1,5 %, по которым устраивают рулонные кровли. В отдельных случаях фермы такого типа применяют для перекрытия 18-метровых пролетов. Фермы с крутыми скатами используют для пролетов 18, 24, 30 и 36 м при кровлях из листовых материалов; их высота на опорах принята 0,45 м, а в средней части 3000, 3860, 4730 и 5560 мм соответственно. Большепролетные фермы могут перекрывать пролеты до 90 м и иметь различные схемы решеток: треугольную, раскосную, крестовую и другие, выбор которых зависит от характера приложения нагрузки и высоты фермы.

В подавляющем большинстве случаев фермы имеют неподвижные опоры, однако в температурном шве на одной колонне (а не на спаренных колоннах) одну из колонн устанавливают на катках или сферических поверхностях.

Стальные рамы, предназначенные для устройства несущих конструкций покрытий при больших пролетах, выполняют одно- или многопролетными, с горизонтальными или ломаными поясами. Рамные конструкции эффективны при жесткости колонн, близкой к жесткости ригелей, высоту которых принимают: при сплошных сечениях 1/20 – 1/30 пролета, при решетчатых – 1/12 – 1/18 пролета.

Стальные арки применяют в промышленных зданиях для устройства покрытий со значительными – от 50 до 200 м – размерами пролетов. Распор арок передают через фундаменты на грунт; стрела подъема арок находится в пределах 1/2 – 1/15 пролета. Арки, как и рамы, могут иметь сплошное или сквозное сечение; высота сечения сквозных арок составляет 1/30 – 1/60 пролета и 1/50 – 1/80 сплошных арок.

Связи

Пространственную жесткость и устойчивость ферм, арок, рам и других плоскостных конструкций каркасов зданий обеспечивают системой связей, устанавливаемых между этими конструкциями.

В покрытиях устраивают горизонтальные (продольные и поперечные) и вертикальные связи, а между колоннами – продольные вертикальные связи.

Продольные горизонтальные связи располагают вдоль рядов колонн в плоскостях нижнего и верхнего поясов крайних панелей ферм. Они представляют собой продольные связевые фермы с параллельными поясами. Поперечные горизонтальные связи образуют поясами двух смежных стропильных ферм и расположенной между ними решеткой. Их устраивают у торцов здания, а также с обеих сторон каждого деформационного шва, а при большом расстоянии между деформационными швами – через каждые 60 м.

3.3.7. Железобетонные несущие конструкции покрытия, их виды и типы

Несущие конструкции покрытий промышленных зданий подразделяют на стропильные, подстропильные и несущие элементы ограждающей части покрытия. В промышленных зданиях применяют два типа стропильных несущих конструкций:

1) плоскостные – балки, фермы, арки и рамы;
2) пространственные – оболочки, складки, купола, своды и висячие системы.

В качестве подстропильных конструкций промышленных зданий широко используют балки и фермы, а в качестве несущих конструкций ограждающей части покрытия – крупноразмерные плиты. Соответственно унифицированным размерам объемно-планировочных элементов промышленных зданий величину поперечных пролетов и продольного шага несущих конструкций назначают кратной укрупненному модулю 6 м; в отдельных случаях допускается применение модуля 3 м.

Железобетонные балки применяют для устройства покрытий в промышленных зданиях, пролетами 6, 9, 12, 18 и в отдельных случаях 24 м. Необходимость балочных покрытий при пролетах 6, 9 и 12 м (пролеты таких размеров можно перекрыть и плитами) возникает в случае подвески к несущим конст-

рукциям подъемно-транспортного оборудования. Железобетонные балки могут быть односкатными, двухскатными и с параллельными поясами (рис.3.8.).

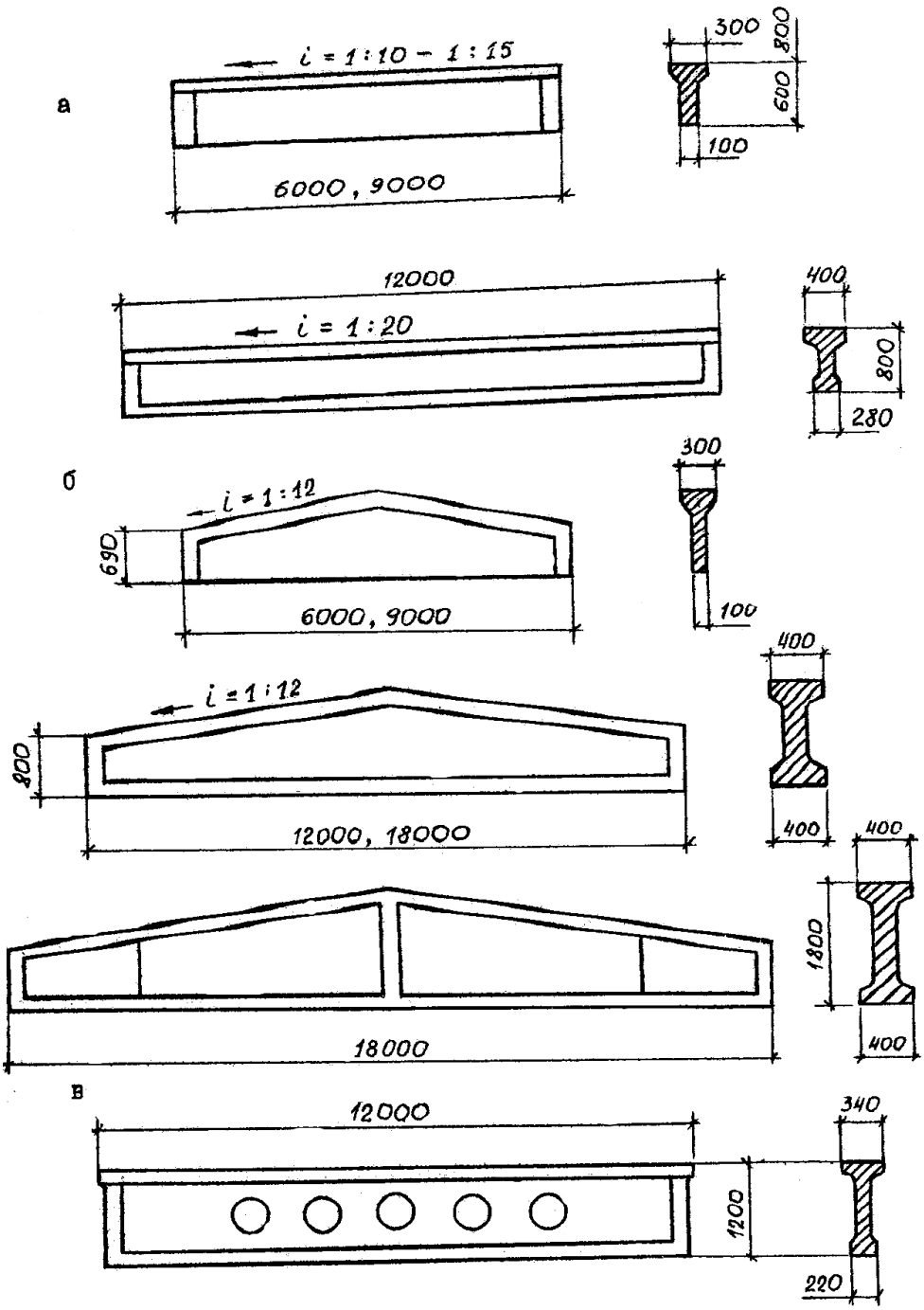

Рис. 3.8. Железобетонные балки: а – односкатные;
б – двухскатные; в – с параллельными поясами

Односкатные балки применяют в зданиях с шагом колонн 6 м и в зданиях с наружным водоотводом пролетами 6 и 9 м. Сечение балок тавровое, в опор-

ных узлах имеются вертикальные ребра жесткости. Уклон верхнего пояса односкатных балок пролетом 6 м составляет 1:10, пролетом 9 м – 1:15, пролетом 12 м – 1:20. Высота балок в опорном узле – 600 (для пролета 6 м) и 800 мм (для пролета 9 м). Для устройства скатных покрытий зданий пролетом 12 м применяют предварительно напряженные односкатные балки с высотой в опорном узле 1200 мм. Такие балки рассчитаны на подвесной транспорт в виде двух кран-балок грузоподъемностью по 1,5 т каждая и нагрузку от покрытия в пределах 350 ÷ 550 кг/м^2; сечение балок двутавровое.

Двускатные балки используют для устройства ломаных покрытий в зданиях пролетами 6, 9, 12 и 18 м. Балки пролетом 6 и 9 м имеют тавровое сечение и вертикальные ребра жесткости в опорных узлах. Высота в опорном узле 6-метровых балок составляет 400 мм, 9-метровых – 600 мм. Балки пролетом 6, 9, 12 м устанавливают только с шагом 6 м, а балки пролетом 18 м – с шагом 6 и 12 м. Сечение балок – двутавровое. Высота в средней части 12-метровой балки равна 1290 мм, 18-метровой – 1540 мм, высота в опорных узлах – 800 мм. Уклон верхнего пояса двухскатных балок 1:20.

Балки с параллельными поясами применяют для зданий с плоскими покрытиями и пролетами 12, 18 и 24 м. Сечение балок двутавровое, высота 1200 мм. В целях уменьшения массы балок в их вертикальной стенке устраивают сквозные отверстия для прокладки различных внутрицеховых коммуникаций, что позволяет более рационально использовать внутреннее пространство помещений.

Подстропильные балки предназначены в качестве опор для стропильных балок при шаге колонн 12 м в зданиях с плоскими или скатными покрытиями. Длина балок соответствует пролету 12 м, высота их составляет 500 мм, сечение тавровое с полкой внизу.

Фермы, их виды

Железобетонные фермы применяют при пролетах 18, 24 и 30 м и шаге 6 и 12 м. При пролетах 36 м и больше используют, как правило, стальные фермы.

Применение 18-метровых ферм целесообразно в том случае, когда в пределах покрытия необходимо разместить коммуникационные трубопроводы или использовать межферменное пространство для устройства технических этажей.

Различают следующие основные типы ферм:

а) сегментные, с верхним поясом ломаного очертания и прямолинейными участками между узлами;

б) арочные раскосные с редкой решеткой и верхним поясом плавного криволинейного очертания;

в) арочные безраскосные;

г) полигональные с параллельными поясами или трапециевидным очертанием верхнего пояса;

д) полигональные с ломаным нижним поясом.

Высоту ферм всех типов в середине пролета принимают равной 1/7 – 1/9 длины пролета. Выполняют фермы из бетонов высоких классов (В30 – В50) и армируют нижний пояс и растянутые раскосы предварительно напряженной арматурой класса AIV с натяжением на упоры. Ширину сечения поясов ферм при их шаге 6 м принимают 200 – 250 мм, а при шаге 12 м – 300 – 350 мм (рис.3.9).

В современной практике промышленного строительства наибольшее распространение получили сегментные стропильные фермы. Их применяют для устройства скатных покрытий с фонарями или без них. Эти фермы применяют для перекрытия пролетов 18, 24 и 30 м. Сечения верхнего и нижнего поясов – прямоугольные одинаковой ширины. Фермы устанавливают на железобетонные колонны при шаге колонн 6 м или на подстропильные фермы при шаге колонн 12 м.

Фермы с параллельными поясами используют для устройства плоских покрытий зданий без фонарей. Длина ферм рассчитана на пролеты 18 и 24 м. Фермы, устанавливаемые через 6 м, рассчитаны на подвесной транспорт грузоподъемностью до 5 т.

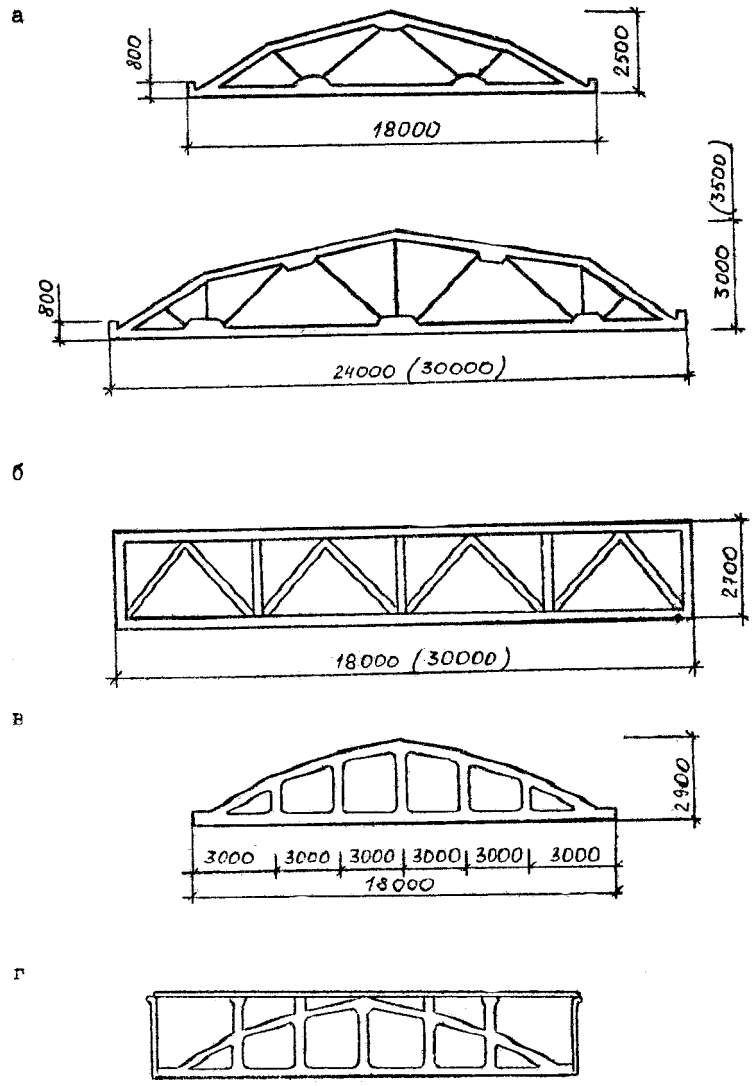

Рис. 3.9. Унифицированные сборные железобетонные фермы:

а – сегментные; б – с параллельными поясами;

в – безраскосная для зданий со скатным покрытием;

г – базраскосная для зданий с плоским покрытием

Подстропильные конструкции

Подстропильные конструкции в виде железобетонных ферм и балок применяют в покрытиях одноэтажных промышленных зданий при шаге колонн 12 и 18 м и с пролетами, равными 18, 24 и 30 м для опирания на них стропиль-

ных конструкций, устанавливаемых с шагом 6 м, в случаях, когда технологический процесс требует широкого шага опор.

Подстропильные конструкции выполняют предварительно напряженными из бетона классов В30-В40 и армируют канатами класса К-7, К-10, стержневой класса А IV или проволочной арматурой Вр-11 с натяжением на упоры.

Железобетонные подстропильные конструкции устраивают в виде балок высотой 1500 мм и ферм высотой 2200 и 3300 мм.

3.3.8. Несущие элементы ограждающей части покрытия

При плоских и скатных несущих конструкциях несущие элементы ограждающей части покрытий выполняются прогонными – с применением прогонов, по которым укладывают мелкоразмерные плиты, или беспрогонными – в виде крупноразмерных плит.

Настил беспрогонных покрытий промышленных зданий обычно устраивают из предварительно напряженных ребристых железобетонных плит размерами 3х12, 1,5х12, 3х6 и 1,5х6 м, а также из легкого армированного бетона размером 1,5х6 м. Плиты укладывают по верхнему поясу стропильных конструкций (балок или ферм) и приваривают к нему. Стыки между плитами замоноличивают цементным раствором или бетоном, и настил работает как единая жесткая диафрагма на восприятие горизонтальных и вертикальных нагрузок.

Основными плитами считаются плиты шириной 3 м, доборными – шириной 1,5 м, которые применяются в местах с большой нагрузкой на покрытие.

Наибольшее распространение получили ребристые плиты, выполняемые из тяжелого железобетона.

Плиты покрытий из легких и ячеистых бетонов, совмещающие функции настила и утеплителя, применяют для устройства теплых покрытий в зданиях с шагом несущих конструкций 6 м. Плиты изготавливают из керамзитобетона, из

автоклавного армированного ячеистого бетона (пенобетона или пеносиликата с объемной массой от 700 до 1000 кг/м^2).

Основные плиты из легких бетонов имеют длину 6 м и ширину 1,5 м, доборные плиты – ширину 0,5 м при толщине 200, 240 мм. Опирание всех типов крупноразмерных плит на несущие конструкции осуществляют через стальные закладные детали, приваривая их к закладным деталям верхнего пояса несущих конструкций покрытия.

3.3.9. Легкосбрасываемые покрытия

Легкосбрасываемые покрытия устраивают на зданиях категорий А и Б (по пожарной опасности). Такие покрытия легко сбрасываются под действием повышенного давления в результате возможного взрыва газов или пыли; стены зданий и основные несущие конструкции в этом случае не разрушаются. Суммарная площадь легкосбрасываемых участков покрытия стен, а также окон и дверей должна быть не менее 0,05 м^2 на 1 м^3 взрывоопасного помещения.

Настил легкосбрасываемого покрытия делают из железобетонных специальных плит и асбоцементных волнистых листов.

Железобетонные плиты имеют длину 6 м, ширину 3 или 1,5, высоту 300 мм. Плиты имеют коробчатую форму с поперечными ребрами жесткости и отверстиями. Плиты шириной 3 м укладывают как обычные и прикрепляют к несущим конструкциям покрытия, а плиты шириной 1,5 м размешают с интервалами.

На железобетонные плиты настилают волнистые асбоцементные листы усиленного профиля. Плитный утеплитель укладывают по асбестоцементным листам, впадины заполняют насыпным утеплителем. По верху утеплителя делают выравнивающий слой, по которому расстилают рулонную кровлю.

3.4. Стены промышленных зданий

3.4.1. Несущие, навесные и самонесущие стены. Требования предъявляемые к стенам промышленных зданий

Стены производственных зданий по сравнению со стенами гражданских зданий подвергаются более сложному комплексу внешних и внутренних силовых и несиловых воздействий. Поэтому к их конструктивному решению предъявляются не только общие, но и специальные требования, свойственные в каждом отдельном случае характеру технологического процесса. Так, например, ограждающие конструкции зданий, в которых размещены производства с химически агрессивными выделениями и производства, относящиеся по пожарной опасности к категориям А и В, должны иметь очертания, исключающие образование в помещении непроветриваемых пространств и скопление производственной пыли, а также облегчающие устройство антикоррозионной защиты, тщательный осмотр и ремонт конструкций в процессе их эксплуатации. Стены, потолки и внутренние конструкции помещений, в которых размещены производства с выделением сильно ядовитых или сильно агрессивных веществ (ртути, свинца, мышьяка, кислот и т.п.), должны иметь отделку, защищающую их от воздействия этих веществ, предотвращающую поглощение (сорбцию) последних и допускающую легкую очистку и мытье.

Наружные стены совместно с покрытиями защищают внутреннее пространство зданий от различных внешних воздействий. Поэтому они должны обладать необходимой прочностью, стойкостью против атмосферных воздействий и коррозии, иметь требующиеся тепло-, водо-, воздухо- и звукоизоляционные качества, быть долговечными и огнестойкими, обеспечивать индустриальность и экономическую эффективность строительства.

В зависимости от конструктивной схемы здания и по роду статической работы стены подразделяют на несущие, самонесущие и навесные.

Несущие стены воспринимают нагрузки от собственной массы, массы покрытий, перекрытий и в ряде случаев от подъемно-транспортного оборудования. Масса покрытия передается на стены посредством опирания несущих конструкций покрытия – балок или ферм – на продольные стены и плит покрытия – на торцовые. В современном промышленном строительстве несущие стены применяют редко, для их устройства используют кирпич, крупные и мелкие блоки и др.

В каркасных зданиях стены, являясь *самонесущими*, воспринимают нагрузки от ветра и собственной массы и передают их на каркас здания при помощи гибких или скользящих связей, не препятствующих осадке стен. Самонесущие стены выполняют в виде крупных панелей или блоков из каменных материалов. Такие стены опираются на фундаментные балки или самостоятельный фундамент, не связанный с фундаментами колонн. Самонесущие стены выполняют функций только ограждающих конструкций.

Навесные стены, воспринимающие нагрузки от собственной массы и ветровые нагрузки в пределах только одного этажа (в многоэтажных зданиях) или в пределах одного шага (одной панели) в одноэтажных каркасных зданиях, также выполняют функции ограждающих конструкций. Свою массу они передают на каркас через опорные стальные столики или обвязочные балки.

Материал и конструкцию стен выбирают, исходя из температурно-влажностного режима помещений, наличия агрессивной среды, климатических условий района строительства и особенностей технологического процесса.

3.4.2. Фахверк, его назначение и устройство

В производственных зданиях при большой высоте зданий и расстоянии между колоннами основного каркаса, превышающем предельную длину стеновых панелей, наружные стены весьма неустойчивы – под действием горизон-

тальных ветровых нагрузок они могут деформироваться и разрушаться. Для обеспечения устойчивости таких стен по линии наружных продольных стен и по линии торцовых стен необходимо устанавливать дополнительный каркас – фахверк, состоящий из колонн, ригелей и иногда – раскосов.

Для фахверка используют железобетонные колонны прямоугольного сечения с металлической верхушкой или стальные прокатные профили I № 24–27 (при высоте этажа до 4,8 м). Для фахверков продольных стен при высоте этажа до 6 м применяют железобетонные колонны прямоугольного сечения 400х400 и 400х500 мм. Для зданий с высотой этажа дот 14,4 до 18 м применяют двухветвевые железобетонные колонны с верхней металлической частью.

Следует помнить, что хотя торцовые стены одноэтажных зданий не воспринимают нагрузок от кранов и несущих конструкций покрытия, однако они, как правило, имеют большую высоту и протяженность, и образуют большие поверхности, которые воспринимают значительную ветровую нагрузку. В связи с этим для обеспечения устойчивости в торцовые стены всегда вводят фахверк.

При шаге колонн каркаса здания 12 м и более между ними по линии наружных стен с шагом 6 м устанавливают фахверковые колонны, которые опираются на отдельные самостоятельные фундаменты. Элементы фахверка воспринимают массу стен и действующие на стены ветровые нагрузки. Фахверковые колонны жестко заделывают в стаканы фундаментов и шарнирно соединяют с элементами покрытия по типу скользящей опоры, которая воспринимает только горизонтальные ветровые нагрузки.

3.4.3. Стены из кирпича

Кирпичные несущие и ненесущие стены возводят в настоящее время для сооружения небольших зданий (объемом не более 5000 м^3), для участков стен с большим числом технологических проемов и в тех районах, где кирпич является местным строительным материалом, поскольку стены из кирпича трудоемки в исполнении, кладка их удлиняет сроки строительства и повышает стоимость

зданий. Применение кирпичных стен целесообразно также в зданиях с влажной агрессивной средой.

Толщина наружных кирпичных стен отапливаемых зданий зависит от необходимой прочности и теплотехнических требований и составляет 120 – 510 мм (она кратна размеру кирпича): стена, выполненная в 1/2 кирпича, имеет толщину 120 мм; стена, выполненная в один кирпич, – 250 мм; в 1,5 кирпича – 380 мм; в 2 кирпича – 510 мм. Если толщина несущей стены, определенная по теплотехническим расчетам, оказывается недостаточной для восприятия расчетных нагрузок, то в местах опирания несущих конструкций для повышения ее прочности устраивают пилястры – выступы, чаше всего расположенные с внутренней стороны стены (рис.3.10.).

При больших внутренних горизонтальных нагрузках на стены, возникающих, например, на складах сыпучих материалов, для повышения несущей способности стен устраивают выступы с наружной стороны, называемые контрфорсами.

Под несущие кирпичные стены устраивают ленточные фундаменты; самонесущие кирпичные стены опираются на фундаментные балки, уложенные на обрезы фундаментов; под кирпичные стены обязательно устройство гидроизоляции из цементно-песчаного раствора и гидроизоляционной прокладки.

Верхнюю часть кирпичной стены при наружном водостоке заканчивают карнизом, который образуется напуском последних рядов кладки стен. Для карнизного свеса применяют также сборные железобетонные карнизные плиты – для зашиты кирпичной стены от атмосферной влаги. В нижней части кирпичной стены с целью зашиты ее от механических и химических разрушений выполняют утолщение – цоколь. В углах отапливаемых каркасных зданий с кирпичными стенами предусматривают утолщение стен для предотвращения их промерзания. При устройстве оконных и дверных проемов в кирпичных стенах над проемами укладывают железобетонные перемычки.

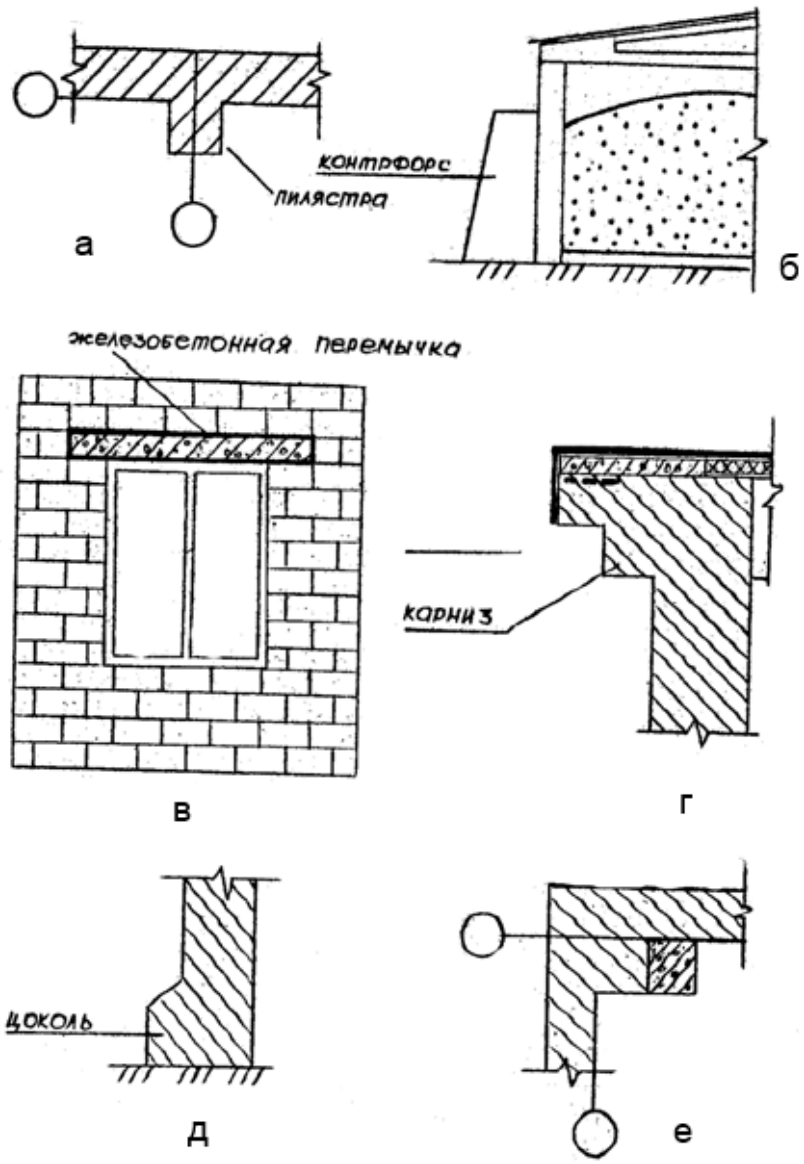

Рис. 3.10. Устройство: а – пилястр; б – контрфорсов;
в – оконных проемов; г – карнизов; д – цоколя;
е – утолщения в углах кирпичных стен

3.4.4. Стены из крупных блоков

Стены из крупных блоков более индустриальных по сравнению со стенами из кирпича.

В зависимости от районов строительства толщину блоков наружных стен принимают 300, 400 и 500 мм, а внутренних – 300 мм. Блоки применяют рядовые, парапетные и карнизные с номинальной высотой 600 и 1200 мм и номинальной длиной кратной укрупненному модулю 500 мм.

Блоки изготавливают из легких (керамзитобетон, шлакобетон) или ячеистых бетонов с объемной массой 1200 – 1600 кг/м^3. С наружной и внутренней стороны блоки имеют фактурный слой из цементного штукатурного раствора, что позволяет свести к минимуму отделочные работы на строительной площадке.

3.4.5. Стены из крупных панелей

Стены промышленных зданий из крупных панелей являются наиболее индустриальными и эффективными конструкциями по сравнению со стенами из других материалов. Преобладающее применение панелей по сравнению со стенами из кирпича и крупных блоков объясняется меньшей трудоемкостью возведения стен и уменьшением собственной массы 1 м^3 такой стены в 2 – 3 раза.

Самонесущие и навесные панельные стены применяют в отапливаемых и неотапливаемых производственных зданиях; панели крепят к колоннам каркаса здания. В целях унификации размеры панелей по высоте приняты: 0,9; 1,2; 1,5 и 1,8 м, т.е. кратными модулю 300 мм, а по длине – равными шагу колонн 6 или 12 м.

Неутепленные панели используют для неотапливаемых зданий с шагом колонн 6 и 12 м. Они имеют вид железобетонных плоских или ребристых плит длиной 6 и 12 м и шириной 1,2 и 1,8 м, изготавливают их из тяжелого бетона М 300 с предварительно напряженной арматурой (рис.3.11.).

Утепленные стеновые панели, применяемые для стен отапливаемых промышленных зданий с шагом колонн 6 м, бывают двух типов: *сплошные* (однослойные) из легких или ячеистых бетонов и *трехслойные* – из двух железобетонных плит со слоем утеплителя между ними. Толщина сплошных панелей, изготавливаемых из автоклавных и ячеистых бетонов с объемной массой 800 – 1200 кг/м, – 160, 200, 240 и 300 мм. Эти панели офактуривают с обеих сторон цементно-песчаным раствором М 100 толщиной 20 мм.

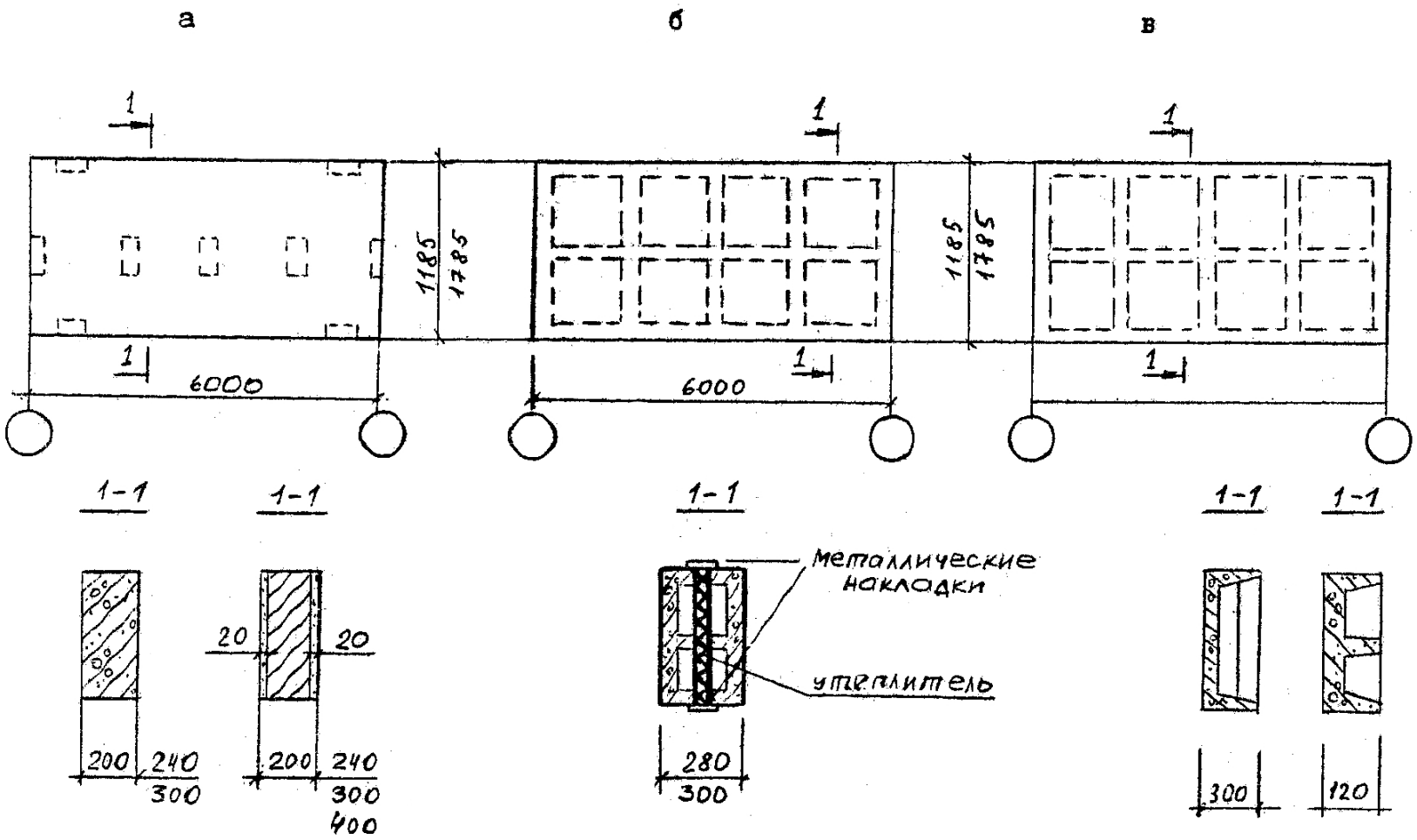

Рис. 3.11. Стеновые панели: а – из легкого бетона; б – утепленные; в – неутепленные

Однослойные панели из легких бетонов применяют в производственных зданиях с влажностью воздуха не более 75 % и неагрессивной
средой; панели из ячеистых бетонов – в зданиях с относительной влажностью не более 60 % и с неагрессивными газовыми средами. Нижние стеновые панели опирают на фундаментные балки, верх которых на 30 мм ниже отметки чистого пола первого этажа.

Составные трехслойные железобетонные панели отапливаемых зданий применяют только при отсутствии панелей из легких или ячеистых бетонов. Их выпускают длиной 6 м, шириной 1200 и 1800 мм и толщиной 280 (300) мм.

В качестве утеплителя используют минераловатные плиты с объемной массой 300 кг/м^3.

3.4.6.Стеновые ограждения из асбестоцементных листов

Ограждающие конструкции наружных стен из волнистых асбестоцементных листов устраивают в неотапливаемых зданиях и сооружениях, а также в горячих цехах со значительными выделениями тепла. Нижние, наиболее повреждаемые части стен на высоту до 2 – 3 м от уровня чистого пола обычно выполняют из кирпича или другого прочного стенового материала, что обусловлено необходимостью защиты людей от потоков холодного наружного воздуха и удобством размещения дверных и воротных проемов. Асбестоцементные листы усиленного профиля длиной 2300 – 2800 мм, шириной 1000 мм и толщиной 8 мм крепят к фахверку при помощи специальных кляммер и болтов.

3.4.7. Внутренние стены и перегородки

При проектировании промышленных зданий следует применять как можно меньше внутренних стен и перегородок, по возможности отказываясь от них совсем.

Внутренними стенами необходимо выделять помещения, в которых располагаются технологические процессы, связанные с выделением в рабочую зо-

ну вредных веществ, газов, пыли, а также особо шумные процессы. Внутренние стены желательно располагать по разбивочным осям здания. Выполняют их из тех же материалов, что и наружные, принимая их толщину минимальной – только по условиям устойчивости.

Внутренние стены можно проектировать как противопожарные преграды – брандмауэры. В большинстве случаев внутренние стены выполняются из кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1/2, 1 и 1 кирпича; при большой высоте стен для обеспечения устойчивости их усиливают пилястрами. Брандмауэры устраивают толщиной не менее чем в 1 кирпича. Индустриальными являются внутренние стены из сборных железобетонных панелей длиной 6 м и толщиной 60 – 80 мм. Панели крепят к колоннам каркаса или фахверка, часть стен выполняют из асбестоцементных листов.

Перегородки в зданиях промышленных предприятий рекомендуется проектировать из легких материалов каркасными с учетом возможностей их демонтажа. Такие перегородки могут быть деревянными, металлическими (остекленными и сетчатыми), сборными железобетонными. В зависимости от материала толщина перегородок может быть различной – от 6 до 20 см, высота перегородок – 2,5 – 3 м.

3.5. Кровли промышленных зданий

Кровли являются, гидро- и теплоизолирующими конструкциями покрытий зданий и сооружений и предназначены для защиты зданий от атмосферных осадков и поддержания в помещении необходимой температуры.

В зависимости от уклонов кровли подразделяются на:

а) плоские (с уклоном менее 2,5 %);

б) скатные (с уклоном 2,5 % и более).

В зависимости от теплотехнических требований, предъявляемых к помещениям, кровельные покрытия могут быть:

а) холодные – лишенные утепления; их устраивают для неотапливаемых зданий с избыточными тепловыделениями;

б) полутеплые – их применяют для помещений с нормальным температурно-влажностным режимом при внутреннем отводе воды;

в) теплые – применяют для отапливаемых зданий с нормальным температурно-влажностным режимом с наружным водоотводом и для помещений с повышенной влажностью воздуха, где существует опасность образования конденсата на внутренней поверхности покрытия.

В зависимости от системы водоотвода различают два вида кровель производственных зданий:

1) с внутренним водостоком – через воронки в ливневую канализацию. Это основной способ удаления атмосферных осадков с кровель производственных зданий. Его применяют в отапливаемых зданиях и неотапливаемых с избыточными тепловыделениями (там, где температура в здании не выше 0 ºС);

2) с наружным водоотводом – его устраивают как в неотапливаемых зданиях без тепловыделений, так и в отапливаемых высотой до 10 м, если длина ската кровли в одну сторону не превышает 36 м.

Наружный водоотвод может быть выполнен:

а) организованным – с помощью системы настенных желобов и водосточных труб;

б) неорганизованным – по всему фронту ската.

Устройство холодных и утепленных покрытий.

Холодное покрытие состоит из несущей части, стяжки и гидроизоляции, которые часто совмещаются в одном материале (рис. 3.12.).

В промышленных зданиях устраивают главным образом рулонные кровли, однако иногда – холодные покрытия и покрытия из асбестоцементных листов, укладываемых по деревянной обрешетке и прогонам.

Ограждающая часть утепленного покрытия здания состоит:

- из несущей конструкции;

- пароизоляции;
- выравнивающего слоя (стяжки);
- гидроизоляционного ковра;
- защитного слоя.

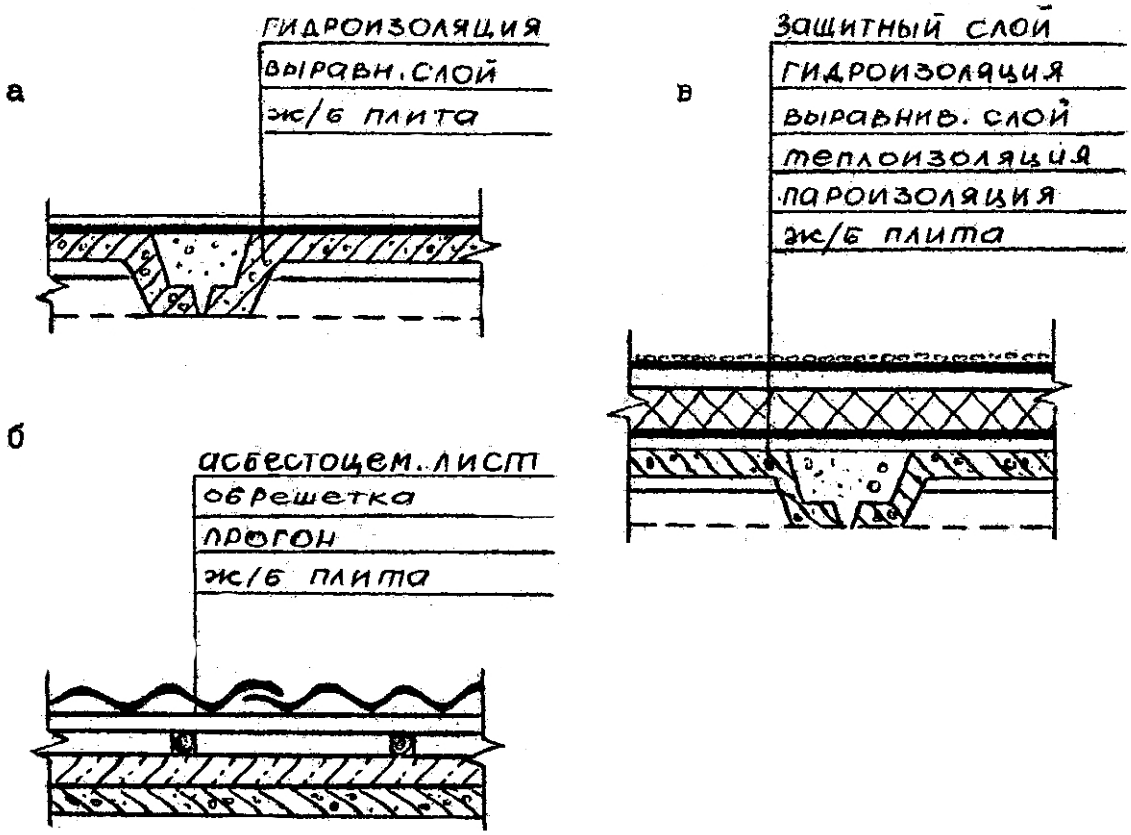

Рис.3.12. Типы конструктивных решений ограждающей части покрытий промышленных зданий:
а, б – неутепленное; в – утепленное

Пароизоляцию укладывают по железобетонным плитам (в зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха более 60 %). Целью устройства пароизоляции является предотвращение образования конденсата на внутренней поверхности покрытия и намокания утеплителя. Вода, попадающая в слой утеплителя, заполняет поры и ячейки, в результате чего коэффициент теплопроводности его резко возрастает, и утеплитель не выполняет свои функции.

В качестве пароизоляции используют рулонные гидроизоляционные материалы – рубероид, толь, гидроизол, наклеиваемые на поверхность настила с помощью мастик. Можно также в качестве пароизоляции применять промазку битумными мастиками.

Толщина теплоизоляции зависит от физических показателей материала и условий его эксплуатации и определяется по расчету. В качестве утеплителя применяют материалы с объемной массой γ_0 = 300 – 500 кг/м: пено- и газобетон, керамзитобетон, газо- и пеносиликаты, пеностекло, полистирол, а также минеральную вату в виде плит или блоков. Материал теплоизоляции должен обладать достаточной прочностью на сжатие – чтобы обеспечить жесткость основания под рулонный ковер. Поэтому в строительстве применяют в основном плитные утеплители. Однако утеплитель может иметь вид засыпки из керамзита, шлака или туфа. В этих случаях сыпучие материалы укладывают слоями по 10 см и тщательно уплотняют. Такой утеплитель (в виде засыпок) в последние годы применяется редко – только при небольших объемах работ.

Выравнивающий слой, или стяжка, служит основанием под рулонную кровлю. Его делают из цементного раствора марок М 50 – 100 или мелкозернистого асфальтобетона. Толщину слоя стяжки, укладываемой по жесткому плитному утеплителю, принимают 15 – 25 мм, а по сыпучему и не обладающему достаточной прочностью – 25 – 30 мм; стяжку армируют сварными сетками. Цементные стяжки сразу после устройства покрывают холодной битумной грунтовкой, что предохраняет их от растрескивания и обеспечивает лучшее сцепление с наклеиваемым рулонным ковром.

Стяжки из асфальтобетона устраивают с температурно-усадочными швами, чтобы предотвратить растрескивание асфальта в зимнее время. Асфальтобетонные стяжки на нежестких и сыпучих материалах делать не рекомендуется.

Гидроизоляционный ковер выполняют из рулонных кровельных материалов, число слоев которых выбирают в зависимости от уклона покрытия:

при уклоне не менее 1,5 % кровлю устраивают из четырех слоев рулонных материалов – 2 слоя толя и 2 слоя гидроизола или 4 слоя толя;

при уклоне не менее 2,5 % – три слоя рубероида или гидроизола, или один слой рубероида и 2 слоя гидроизола;

при уклоне не менее 12 % – 2 слоя рубероида.

Гидроизоляционные ковры наклеивают с помощью дегтевых или битумных мастик (рубероид, гидроизол – на битумной, толь – на дегтевой).

В условиях Харькова в летние жаркие дни под влиянием солнечной радиации температура кровли из рулонного материала, имеющего черный цвет, достигает 70 – 85 °С. Поэтому в целях предотвращения разрушения рулонного ковра при пересыхании от механических повреждений, а также для улучшения санитарно-гигиенического режима внутри помещения устраивают защитный слой, который способствует снижению температуры верхней поверхности кровли; рулонный ковер покрывают одним или двумя слоями мелкого светлого гравия, втопленного в мастику.

3.6. Полы промышленных зданий

При проектировании пола промышленных зданий учитывают технологические воздействия, передаваемые на него, санитарно-гигиенический режим, который должен быть в помещении, технико-экономические показатели конструкции пола, расположение и размеры оборудования, которое устанавливается непосредственно на пол, наличие каналов и инженерных сетей. Тип и конструкцию пола выбирают в соответствии с указаниями норм (СНиП 2.03.13-88. Полы).

К полам промышленных предприятий предъявляются перечисленные ниже требования. Они должны быть: прочными, мало изнашиваемыми, теплыми, бесшумными, легко ремонтируемыми, непылящими, нескользкими, несгораемыми, экономичными, химически стойкими.

Полы в одноэтажных промышленных зданиях устраивают по грунту, а в многоэтажных зданиях – по междуэтажным перекрытиям (рис. 3.13.).

Конструкция пола, уложенного по грунту, состоит:

- из подстилающего слоя, который устраивают при беспустотных полах на грунте;
- основания пола;
- выравнивающего слоя;
- покрытия пола – верхнего слоя, подвергающегося износу.

Основание пола предназначается для распределения нагрузки на грунт. На прочных грунтах, а также при устройстве гравийных или щебеночных полов основание не устраивается.

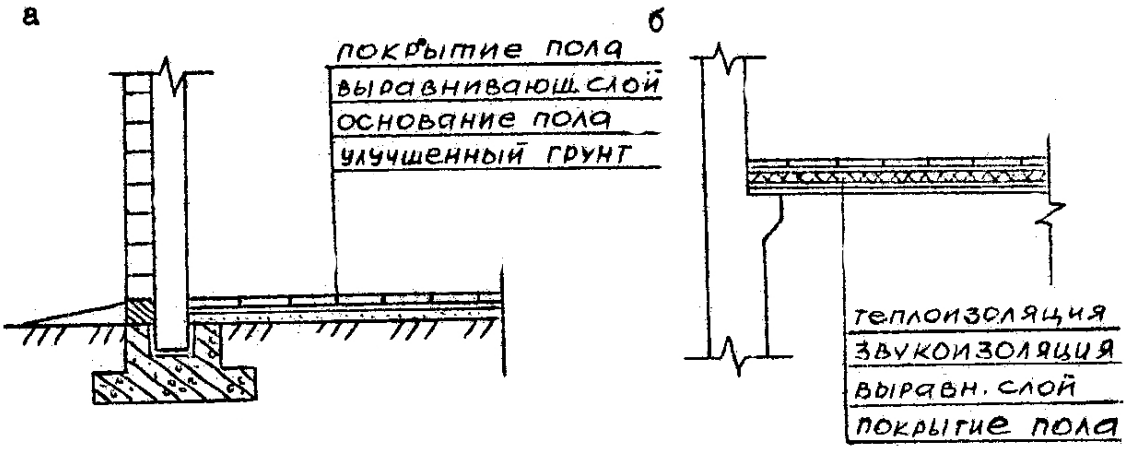

Рис. 3.13. Конструктивные схемы полов:

а – по грунту; б – по перекрытию

Подстилающий слой из утрамбованного песка выполняют толщиной не менее 60 мм, из гравия, шлака или щебня – не менее 80 мм, из бетона – свыше 120 мм. Подстилающий слой из асфальтобетона предусматривают в тех помещениях, где на полы могут воздействовать кислоты и щелочи. Уровень пола, укладываемого по грунту, делают не менее чем на 150 мм выше уровня прилегающей территории.

Выравнивающий слой предназначен для выравнивания поверхности подстилающего слоя. Выполняют его из бетона, цементно-песчаного раствора или асфальта толщиной 20 – 40 мм.

В конструкции полов предусматривают также *гидроизоляцию* – для защиты фундаментов от грунтовых вод, а конструкций перекрытия – от производственных жидкостей. При устройстве полов на междуэтажных перекрытиях предусматривают тепло- и звукоизоляцию.

Классификация полов и их устройство. В промышленных, зданиях полы классифицируют в зависимости от типа и материала покрытия и подразделяют на 3 основные группы.

1-я группа – полы монолитные. Они бывают двух видов:

а) на основе естественных материалов – земляные, гравийные, щебеночные, глинобитные;

б) на основе искусственных материалов – бетонные, сталебетонные, цементные, шлаковые, асфальтовые и асфальтобетонные.

Земляные полы устраивают в цехах, где возможны воздействия на пол больших статических и динамических нагрузок или высоких температур (эти полы выдерживают температуру до 1400 °С). Они дешевые, но пыльные и нестойкие при воздействии воды, кислот и щелочей.

Бетонные и цементные полы устраивают в помещениях, где полы подвергаются систематическому увлажнению или воздействию минеральных масел. Однако это холодные полы с низкой стойкостью к воздействию кислот и щелочей. Бетонные полы выполняют из двух слоев бетона, нижнего – М 50 - 200 толщиной 200 – 400 мм и верхнего (покрытия) толщиной 100 – 500 мм, выполненного из бетона марок М 200 - 400. Если к полу предъявляются повышенные требования по термостойкости, то его покрытие выполняют из жароупорного бетона в 2 слоя; верхний слой армируют сварными сетками из арматурной стали. Для кислотостойких бетонных полов применяют кислотоупорные бетоны (вяжущее – жидкое стекло), которые укладывают толщиной 50 мм

по гидроизоляции. Через 20 суток после укладки поверхность такого пола окисляют водным раствором серной кислоты. Цементные полы выполняют толщиной 20 – 40 мм из цементного раствора марок М 300 - 400. Из-за большой хрупкости цементного покрытия под него устраивают жесткий подстилающий слой. Конструктивные схемы полов приведены на рис. 3.14.

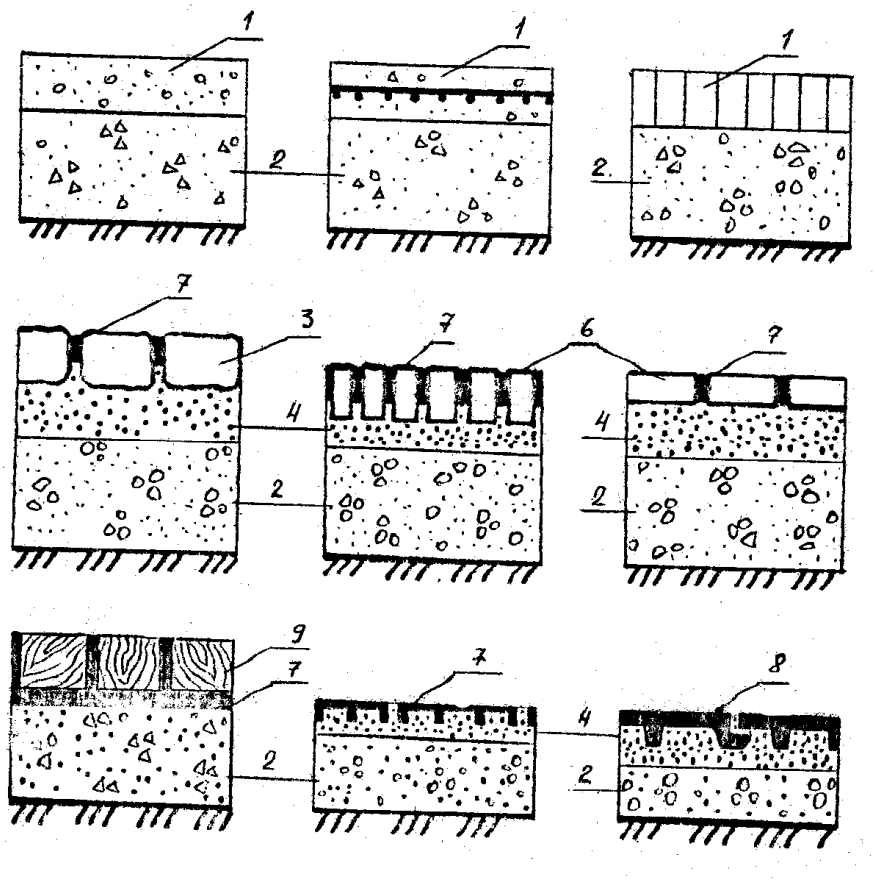

Рис. 3.14. Конструктивные схемы полов:

а – бетонные, б – асфальтобетонные, в – из брусчатки, г – из кирпича, д – из чугунных плит, е – из торцевой шашки; 1 – покрытие, 2 – бетонный подстилающий слой, 3 – брусчатка, 4 – утрамбованный песок, 5 – цементный раствор или битумная мастика, 6 – кирпич, 7 – чугунная дырчатая плита, 8 – чугунная плита с опорными выступами, 9 – торцевая шашка

Для уменьшения истираемости и водопроницаемости бетонных и цементных полов применяют полимербетон (в качестве вяжущих используют

эпоксидные и карбамидные смолы). Такие полы имеют меньшую прочность на сжатие, но в 2 – 3раза большую прочность при растяжении и ударных нагрузках.

Для увеличения прочности покрытия бетонного пола на истирание (на участках с особо интенсивным движением тяжелого транспорта) настилают металлобетонные и металлоцементные полы, в которые добавляют стальные или чугунные стружки и опилки крупностью до 5 мм. Стружки должны быть чистыми, поэтому их перед употреблением отжигают или отмывают бензином.

2-я группа – полы из штучных материалов.

Полы *каменные* – булыжные, брусчатые, кирпичные и клинкерные – настилают в помещениях, в которых пол подвергается значительным механическим воздействиям и высоким температурам.

Брусчатые полы. Брусчатку изготавливают из гранита, диабаза или базальта или отливают из нераспадающихся доменных шлаков. Укладывают брусчатку по основанию из песка, шлака или щебня. Между основанием и брусчаткой укладывается прослойка из песка толщиной 30 – 40 мм
или цементного раствора толщиной 10 – 15 мм, или дегтевой мастики толщиной 2 – 5 мм. Швы между брусчаткой заполняют материалами, из которых выполнена прослойка. В мокром состоянии эти полы скользкие, что является их основным недостатком.

Полы из кирпича. Для устройства этих полов применяют клинкерный, кислотостойкий и обыкновенный глиняный кирпич, пропитанный дегтем или битумом. Эти полы значительно дешевле брусчатых, но менее прочны. В зависимости от нагрузок на пол и условий эксплуатации кирпич укладывается на ребро или плашмя (в этом случае прослойка выполняется из раствора на жидком стекле или из битумной/дегтевой мастики) – см. рис.3.1.

Полы из бетонных, железобетонных, чугунных, стальных, шлаковых и керамических плиток весьма распространены в производственных зданиях.

Полы из литых шлаковых плиток устраивают на погрузочно-разгрузочных площадках, в складах и цехах со значительными механическими

воздействиями на пол. Изготавливают плитки из доменных шлаковых расплавов размером 250х150 мм и толщиной 30 или 60 мм. Однако эти полы шумные и искрят при ударах.

Полы из железобетонных плит толщиной 100 – 140 мм устраивают по грунту. Плиты укладывают на песчаную прослойку толщиной 200 – 220 мм.

Металлические полы из стальных и чугунных плит по условиям экономии металла устраивают только в том случае, если они не могут быть заменены другими. Их применяют в горячих цехах цветной и черной металлургии. Чугунные плиты выпускают для укладки на песке размером 248х248х42 мм и на растворе размером 298х298х30 мм с гладкой и рифленой поверхностью; на нижней стороне плит имеются ребра и шипы (опорные выступы). Каждую плиту опирают на соседнюю, и она сама является опорой для прилегающих к ней плит. Такая плита может воспринимать нагрузку до 3 т, выдерживать удары от твердых предметов весом до 10 кг, падающих с высоты 1 м, и температуру до 1400 °С (см. рис. 3.14.).

Полы из керамических плиток укладывают по прослойке из цементно-песчаного раствора, на специальных мастиках и жидком стекле.

Деревянные полы в промышленности устраивают в виде торцового или дощатого настила. Полы из торцовых шашек укладывают на прослойку из песка толщиной 10 – 20 мм или битумной мастики толщиной 2 – 3 мм; подстилающий слой может быть выполнен из бетона, гравия или щебня. Наиболее распространенная форма шашек – прямоугольная или шестигранная. При устройстве торцового покрытия шашки погружают в горячую битумную мастику всеми гранями, кроме верхнего торца, и быстро укладывают одну к другой. Толщина швов не превышает 2 мм.

3-я группа – полы из рулонных и листовых материалов.

Линолеумные поды и полы из твердых древесно-волокнистых и древесно-стружечных плит устраивают в производственных и вспомогательных зданиях, где отсутствуют большие статические и динамические нагрузки, высокие

температуры, воздействие агрессивных жидкостей и интенсивное движение транспорта.

Выпускается много видов линолеума – обычный на тканевой или картонной основе и безосновный. Линолеум приклеивается к основанию мастиками. Поливинилхлоридный линолеум на теплозвукоизоляционной подоснове укладывают насухо, сваривая стыки токами высокой частоты, или приклеивают на бустилате.

При проектировании полов промышленных зданий применяют материал по наиболее важным свойствам для данного вида производства.

При небольших нагрузках на полы, при движении людей и ручных тележек или электрокар на резиновых шинах покрытие пола может быть бетонным, цементным, асфальтобетонным или из керамических или бетонных плиток.

Если на пол могут падать тяжелые предметы, его покрытие выбирают в зависимости от их массы:

а) при массе до 5 кг можно применять все типы покрытий, кроме керамических плиток и линолеума;

б) до 10 кг – бетонные, металлоцементные или выполненные из клинкерного кирпича;

в) до 50 кг – полы из чугунных плит или брусчатые.

При воздействии на полы температур до 50 °С применяют все виды покрытий, а при воздействии температур до 100 °С – тоже все, кроме асфальтобетонного и ксилолитового.

При воздействии на пол воды, минеральных масел и органических растворителей покрытия пола выполняют из брусчатки, керамических плиток или клинкерного кирпича.

Во взрывоопасных помещениях применяют монолитные полы (бетонные и асфальтобетонные) с заполнителями, не дающими искр при ударе о пол металлических предметов.

Для обеспечения диэлектрических качеств полов покрытие выполняют дощатым или из торцовых шашек.

3.7. Окна, двери, ворота, фонари

3.7.1. Окна производственных зданий

В стенах производственных зданий устраивают проемы – оконные, воротные, дверные, а также аэрационные.

Оконные проемы в зависимости от их характера выполняют:

а) точечными (в несущих и самонесущих стенах, а также в крупнопанельных стенах с простенками);

б) ленточными или витражными (в навесных стенах).

В зависимости от конструктивного решения:

а) беспереплетными;

б) заполняемыми переплетами.

В зависимости от использования их для проветривания:

а) глухими;

б) створными (для естественной вентиляции) с ручным или механическим открыванием.

Для заполнения оконных переплетов применяют листовое стекло, стеклопакеты, профильное стекло и светопрозрачные пластмассы.

Теплотехнические характеристики остекления нормируют в зависимости от назначения здания и его температурно-влажностного режима. Так, в горячих цехах и неотапливаемых помещениях остекление должно быть одинарным, в цехах с повышенной влажностью воздуха – двойным, в цехах с кондиционированием воздуха – тройным, глухим, которое целесообразно решать в виде спаренных переплетов, что позволяет использовать одинарный несущий каркас остекления. Нижнюю часть переплетов (около 3 м от уровня пола) делают глухой

для предупреждения охлаждения рабочей зоны цеха при проветривании в холодное время года.

Оконные проемы заполняют стальными, деревянными, железобетонными и алюминиевыми переплетами. Размеры всех видов переплетов приняты кратными модулю М 100 мм. Материал заполнения оконных проемов выбирают в зависимости от характера проектируемого производства и его пожарной опасности.

Стальные переплеты применяют в горячих цехах, в зданиях повышенной капитальности и при большом проценте открывания. Их монтируют из специальных штампованных или прокатных профилей следующих номинальных размеров: шириной 1,8; 2,4; 3,0; 4,8; 6,0 м и высотой 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 м.

Деревянные переплеты применяют только для зданий с нормальным температурно-влажностным режимом. Деревянные оконные заполнения состоят из коробок и переплетов номинальной ширины 0,6; 0,75; 0,9; 1,2; 1,35; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 3,0 м и номинальной высоты 0,6; 0,9; 1,2;1,5; 1,8; 2,1 м.

Переплеты из алюминиевых сплавов применяют в герметичных и влажных цехах, так как они не подвержены коррозии. Стекла крепят резиновыми профилями, обжимающими стекло по контуру. Переплеты из алюминиевых сплавов выполняют следующих норминальных размеров:

- шириной 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,4; 3,0; 4,8 м;
- высотой 0,6; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4 м.

Железобетонные оконные переплеты огнестойки, прочны, не подвергаются загниванию. Однако сложность устройства створных частей вынуждает делать их глухими с форточками из стали или дерева.

Подоконники оконных проемов устраивают на высоте 1,2 м от уровня пола.

3.7.2. Ворота и двери

Ворота производственных зданий устраивают для ввода–вывода различных транспортных средств, поэтому их ширина должна не менее чем на 0,6 м превышать ширину транспорта в груженом состоянии, а высота – на 0,2 м.

Типовые ворота производственных зданий имеют следующие размеры (ширина х высота, м):

- для пропуска любых бортовых грузовых автомобилей и самосвалов грузоподъемностью до 3 т, авто- и электрокар – 3х3 м;
- для пропуска автопогрузчиков, автомобильных кранов и автосамосвалов – 3х3,6, 3,6х4,2, 4,0х4,2 м;
- для пропуска железнодорожного подвижного состава нормальной колеи – 4,8х5,4 м.

В зависимости от размера воротных полотнищ, наличия свободного пространства для их открывания и требуемой быстроты применяют ворота трех основных типов.

Распашные. Их выполняют в стальном каркасе; в качестве заполнения применяют пластмассовые материалы, древесно-волокнистые плиты или два слоя досок с утеплителем и гидроизоляцией между ними.

Раздвижные. Их полотнища подвешивают на рамках, двигающихся по верхнему и нижнему рельсу. Раздвижные ворота могут иметь одну или две створки, сдвигаемые в одну или обе стороны от проема ворот.

Подъемные. Их рекомендуется устраивать в отапливаемых зданиях для быстрого открывания небольших проемов. При открывании этих ворот полотнище, перемещаясь по направляющим, либо вертикально поднимается, либо принимает горизонтальное положение. Одной из разновидностей подъемных ворот являются шторные ворота, состоящие из рамы и стальной пластинчатой шторы, наматываемой на барабан. Такие ворота наиболее распространены за рубежом.

Количество и размеры дверей в промышленном здании определяют в зависимости от требуемой пропускной способности, характера производства и материала здания. По числу дверных полотен двери бывают однопольные, двухпольные и полуторные с двумя полотнищами неравной ширины. Двери производственных зданий изготавливают из деревянных щитов толщиной 30 –

60 мм высотой 2000 и 2300 мм, шириной 700, 800, 900 и 1100 мм, глухими и остекленными. В пожароопасных помещениях устраивают стальные или трудносгораемые двери – из дерева, двух-, трехслойные с асбестовыми прокладками, обшитыми со всех сторон кровельной сталью по картону или войлоку, смоченному в глиняном растворе.

3.7.3. Устройства для верхнего освещения и аэрации

Верхнее освещение осуществляется с помощью фонарей, светопрозрачных панелей и покрытий.

Аэрация производственных помещений производится через установленные на покрытии аэрационные фонари или путем использования для этих целей световых фонарей с открывающимися створками переплетов.

По назначению фонари в промышленных зданиях подразделяются на световые, светоаэрационные и аэрационные.

Применение фонарей в промышленных зданиях следует, по возможности, ограничивать из-за их высокой стоимости и сложности эксплуатации. В случае необходимости применение того или иного типа фонаря зависит от требований, предъявляемых к среде производственных помещений промышленных зданий.

Фонари состоят из несущих конструкций – каркаса и ограждающих конструкций – покрытий, стен и заполнения световых или аэрационных проемов.

По форме фонари подразделяют на двусторонние, односторонние и зенитные.

Двусторонние и односторонние фонари могут иметь вертикальное или наклонное остекление, в связи с чем профиль фонаря может быть: прямоугольным, трапецеидальным, зубчатым и пилообразным (рис. 3.15.).

Если фонарь имеет треугольный, куполообразный, трапецеидальный или очерченный по сложной кривой профиль со светопрозрачными поверхностями, его называют зенитным. Когда световые проемы расположены горизонтально и элементы их заполнения вмонтированы в ограждающую конструкцию покры-

тия, они носят название светопрозрачных панелей. Зенитные фонари и светопрозрачные панели могут располагаться в отдельных точках покрытия, идти по нему в виде ленты или размещаться по всей площади.

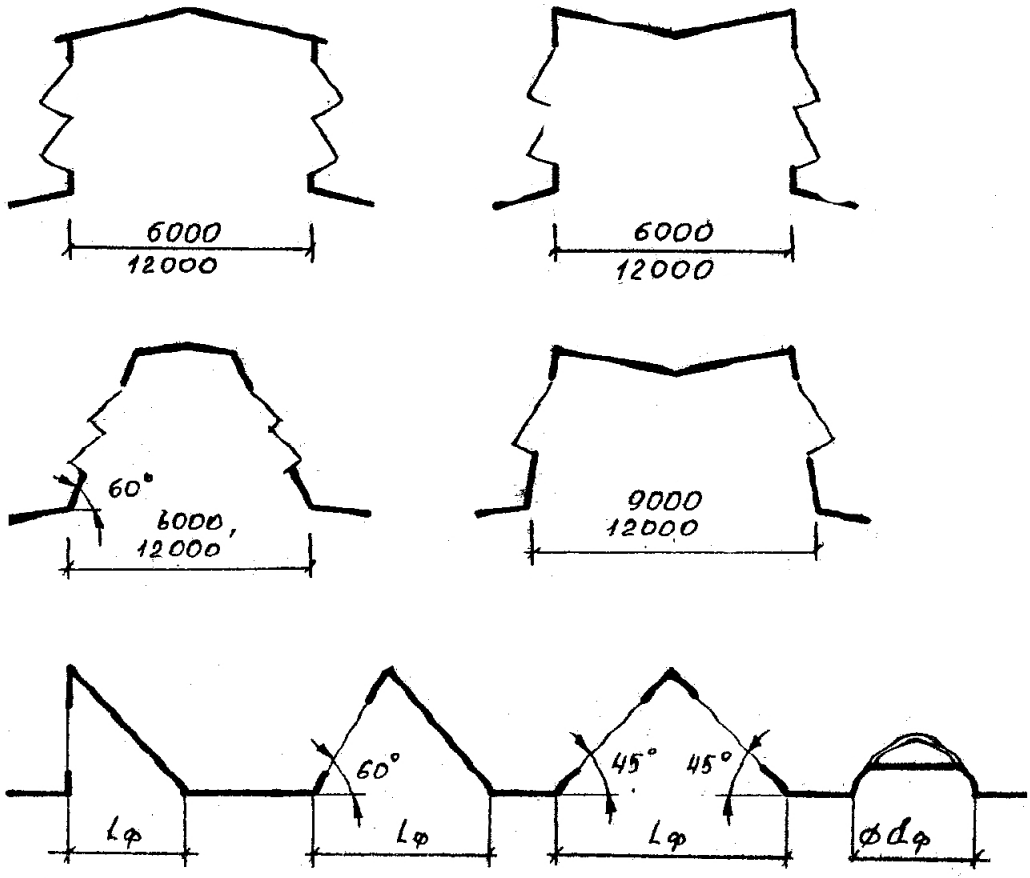

Рис. 3.15. Типы фонарей

Размеры конструктивных схем фонарей унифицированы и согласованы с основными габаритами здания. Так, ширину их назначают в зависимости от числа и величины пролетов здания: обычно для 12-и 18-метровых пролетов принимают фонари шириной 6 м, а для пролетов 24, 30 и 36 м – 12 м; высоту фонаря определяют на основании световых и аэрационных расчетов. В целях удобства эксплуатации (снегоочистки) и по противопожарным требованиям длина фонарей должна быть не более 84 м. Если требуется большая длина, то фонари устраивают с разрывами, величину которых принимают равной 6 м. По этим же соображениям фонарь не доводят до торцевых стен на 6 м.

Водоотвод с фонарей шириной 6 м делают наружным, а с фонарей шириной 12 м – наружным или внутренним, чтобы стекающая вода не попадала на остекление.

Фонари независимо от назначения имеют одинаковую конструктивную схему (рис.3.16.).

Каркас фонаря состоит из поперечных рам и продольных элементов – бортовых плит, прогонов для крепления створок или переплетов, плит покрытия и связей. П-образные стальные рамы фонаря устанавливаются на несущие конструкции покрытия здания. Привязка крайних стоек поперечных рам к разбивочным осям составляет 150 мм при 6-метровом шаге рам и 250 мм при 12-метровом. Бортовые плиты фонаря устанавливают на опорные столики, которые располагают в нижней части крайних стоек поперечных рам фонаря: при 6-метровом пролете бортовых плит они выполняются однослойными из легкого

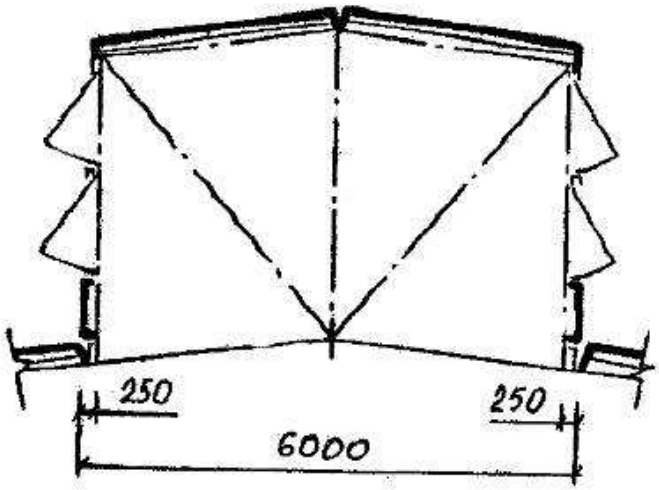

Рис. 3.16. Конструктивная схема фонаря

или ячеистого бетона, а при 12-метровом пролете – ребристыми из тяжелого бетона с утеплением.

При шаге поперечных рам 12 м для крепления фонарных переплетов длиной 6 м в середине между рамами располагают промежуточные стойки. По верхнему поясу рам фонарей укладывают железобетонные плиты покрытий

размером 1,5х6, 3х6 и 3х12 м, которые являются несущими элементами ограждающей его части и обеспечивают пространственную жесткость каркаса фонаря. Устойчивость каркаса фонаря, кроме того, обеспечивают устройством горизонтальных и вертикальных крестообразных связей. Их устанавливают в крайних панелях у деформационных швов, а в плоскости ригелей поперечных рам ставят распорки.

Зенитные фонари устраивают преимущественно на плоских покрытиях; форма их в плане может быть круглой, квадратной или прямоугольной; унифицированные размеры колпаков составляют 1200х1200 мм со стрелой подъема 300 – 400 мм. Материалом опорной рамы могут быть железо- или керамзитобетон, металлические, стеклопластиковые или асбестоцементные листы со слоем эффективного утеплителя или без него.

Зенитные фонари по сравнению с фонарями прямоугольного профиля имеют более высокую светоактивность, меньшую массу, большую свободу размещения, они просты по устройству, более экономичны по эксплуатационным затратам. Световые колпаки в зависимости от климатического пояса строительства выполняют одно- или двухслойными с воздушной прослойкой толщиной 25 мм.

Светопрозрачные панели могут быть выполнены из стеклопакетов, стеклоблоков или пластикопакетов. Их применяют как для плоскостных, так и для скатных покрытий. Панели из стеклоблоков укладывают с уклоном 1,5 % на бортовые элементы; размеры светопрозрачных панелей назначают такими же, как и размеры плит покрытия, благодаря чему эта конструкция – унифицированная и ее можно применять как для плоских, так и для скатных покрытий.

Светопрозрачные покрытия, вся ограждающая часть которых изготовлена из светопрозрачных материалов – стеклоблоков или волнистых листов стеклопластика, используются преимущественно для устройства холодных покрытий.

3.8. Лестницы, их виды и устройства

Лестницы промышленных предприятий подразделяются:

1) на основные – предназначенные для нормального сообщения между этажами;

2) служебные – обеспечивающие связь с рабочими площадками, с которых производится обслуживание технологической аппаратуры и оборудования;

3) аварийные – используемые только для эвакуации людей в случае пожара или аварии;

4) пожарные – для доступа на верхние этажи и крышу здания; эти лестницы располагают вне здания.

Лестницы промышленных предприятий должны иметь необходимую пропускную способность, быть прочными, экономичными и удовлетворять требованиям противопожарной безопасности, по условиям которой здание должно иметь не менее двух лестниц.

Основные лестницы, состоящие из маршей и площадок, размешают в лестничных клетках, расположенных в пределах контура здания или в виде отдельных пристроек. Наиболее индустриальными являются лестницы, монтируемые из крупноразмерных элементов в виде целых железобетонных маршей, и междуэтажных площадок. При этом марши своими карнизами опираются на полки, заделанные в площадочных балках. Зазор между маршем и площадкой заполняют цементным раствором; площадки опираются на боковые стены лестничкой клетки. Лестницы из мелкоразмерных элементов, применяемые в современных промышленных зданиях сравнительно редко, состоят из железобетонных лестничных площадок, наклонных металлических балок – косоуров и бетонных ступеней.

Уклон лестниц зависит от их назначения, в связи с чем принимают требуемую величину проступи (горизонтальной части ступени) и подступенка. Для лестниц промышленных зданий проступи делают обычно шириной 300 мм,

подступенки высотой 150 мм; уклон в этом случае равен 1 : 2 (уклон марша основных лестниц в промышленных зданиях принимают равным 1 : 1,15 – 1 : 2).

Ширина марша основных лестниц должна быть не менее 1,05 м и не более 2,20 м; при такой ширине маршей можно эвакуировать по лестнице от 120 до 250 человек за одну минуту. Число ступеней в марше принимают не менее 5 и не более 16. В промышленных зданиях из-за большой высоты этажа допускается проектировать трех-, четырех- и пятимаршевые лестницы в пределах одного этажа.

Служебные металлические лестницы, имеющие уклон от 45 до 80°, выполняют открытыми, сквозной конструкции и с крутым подъемом. Они состоят из промежуточных площадок и сборных лестничных маршей шириной 700 – 900 мм.

Пожарные металлические лестницы устраивают по периметру здания через каждые 200 м в тех случаях, когда высота до верха карниза здания превышает 10 м, и через 150 м во вспомогательных зданиях. Ширина лестниц обычно составляет 600 – 700 мм; пожарные лестницы устанавливают против простенков и не доводят до уровня земли на 1,5 – 1,8 м и при наличии фонарей выводят между ними.

Аварийные стальные лестницы, имевшие такую же конструкцию, как служебные и пожарные обязательно доводят до земли; уклон их маршей не должен превышать 45°, ширина должна быть не менее 700 мм, а расстояние между площадками по вертикали – не более 3,6 м.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Виды оснований промышленных зданий.
2. Какими способами укрепляют слабый грунт оснований?
3. К каких случаях устраивают свайные основания и что они собой представляют?
4. Для чего предназначены фундаменты зданий и какого типа они бывают?

5. Основные элементы каркаса одноэтажных промышленных зданий и их назначение.

6. Железобетонные колоны одно- и многоэтажных зданий, их виды.

7. Фундаментные и подкрановые балки – для чего они предназначены?

8. Условия применения стальных конструкций для каркасов одноэтажных зданий.

9. Стальные колоны и их виды?

10. Несущие элементы ограждающей части покрытия.

11. Железобетонные несущие конструкции покрытия, их виды.

12. Стены промышленных зданий, их виды. Фахверк.

13. Особенности устройства стен промышленных зданий из кирпича.

14. Стены промышленных зданий из крупных блоков и панелей.

15. Виды кровель и особенности их устройства.

16. Конструктивные схемы холодного и теплого кровельных покрытий.

17. Какие требования предъявляют к полам промышленных зданий?

18. Конструктивные схемы полов, уложенных по грунту и по междуэтажным перекрытиям.

19. Классификация полов производственных зданий и особенности их устройства.

20. Особенности устройства монолитных полов производственных зданий.

21. Какие особенности имеет устройство полов производственных зданий из штучных материалов?

22. Какие особенности имеет устройство полов из рулонных и листовых материалов?

23. Устройство оконных и дверных проемов производственных зданий.

24. Лестницы производственных зданий, их виды, назначение и особенности устройства.

25. Устройства для верхнего освещения и аэрации.

РАЗДЕЛ 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

4.1. Виды вспомогательных помещений и их назначение

Во вспомогательных зданиях промышленных предприятий обычно размешают следующие помещения:

1) санитарно-бытового, культурного, спортивного назначения;

2) коммунально-бытового, административно-технического, торгового и технического обслуживания;

3) здравоохранения и общественного питания;

4) для профессионально-технического обучения и общественных организаций.

По назначению вспомогательные помещения подразделяют на следующие основные группы.

1. Санитарно-бытовые помещения, которые в свою очередь подразделяют на общие и специальные.

К общим относят: гардеробные, умывальные, уборные, курительные и др. К специальным – душевые, прачечные и помещения для химчистки, сушки, обеспыливания и обезвоживания специальной одежды и обуви; помещения и устройства для обогревания или охлаждения работавших; для расположения оборудования ножных ванн и полудушей; помещения с устройствами для питьевого водоснабжения, респираторные, кладовые для чистой и грязной одежды.

2. Предприятия общественного питания (в необходимых случаях лечебно-профилактического): комнаты приема пищи, буфеты и столовые.

3. Помещения для профессионально-технического обучения, включающие: учебные рабочие места и помещения для учебных занятий, производственного обучения и специального технического образования.

4. Помещения здравоохранения:

1) амбулатории, поликлиники, профилактории и здравпункты;

2) ингалятории – аэрозольные установки групповой ингаляции – устраивают при производственных процессах, связанных со значительными выделениями пыли и газов раздражающего действия;

3) фотарии – светолечебные кабинеты для группового облучения тепловыми и ультрафиолетовыми лучами. Устраивают при отсутствии естественного освещения в производственных помещениях;

4) маникюрные – устраивают на предприятиях пищевой промышленности, а также на производствах, связанных с выпуском стерильных материалов;

5) помещения для личной гигиены женщин, для ручных ванн, аптеки.

5. Коммунально-бытовые и торговые помещения.

6. Помещения административно-технического назначения, включающие рабочие комнаты сотрудников различных служб и инженерно-технического персонала, лаборатории, библиотеки.

7. Помещения технического обслуживания, включающие:

1) вычислительные центры, телефонные станции, копировальные и архивы;

2) помещения для устройства инженерного оборудования зданий, а именно – водопроводного и теплового вводов, бойлерной, приточных и вытяжных и вентиляционных камер и кондиционеров;

3) помещения охраны предприятий, проходные;

4) пожарные депо и газоспасательные станции.

По этажности вспомогательные здания подразделяют на одноэтажные и многоэтажные – не более девяти этажей. При определении числа этажей учитывают надземные этажи, включая технические, а также, цокольный этак, если верх его перекрытия выше планировочной отметки земли на 2 м и более.

4.2. Требования, предъявляемые к размещению вспомогательных помещений промышленных предприятий

Во всех случаях вспомогательные помещения различного назначения размешают в одном здании, если это не противоречит СНиПам и СН проектирования промышленных предприятий.

Вспомогательные здания и помещения располагают в местах с наименьшим воздействием шума, вибраций и других вредных факторов, исходя из максимального приближения их к рабочим местам. При этом учитывают, что рабочие не должны проходить через производственные помещения с вредными выделениями и взрывоопасными производствами категорий А, Б, В, если они в этих помещениях не работают.

Вспомогательные здания проектируют, как правило, 2-го класса с улучшенной отделкой и расчетным сроком службы 50 – 100 лет.

Степень огнестойкости здания назначают в зависимости от числа этажей и площади этажа между противопожарными стенами в соответствии со СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.

Вспомогательные здания подразделяют по времени их использования на объекты, используемые до и после рабочего дня.

По конструктивной схеме вспомогательные здания подразделяют на две группы:

1) каркасные;

2) здания с несущими стенами из крупных панелей – с одновременным снижением высоты этажа с 3,3 до 2,8 м – это дает существенный технико-экономический эффект.

Площадь обслуживающих помещений, приходящуюся на одного работающего по списочному составу, принимают равной 4 м^2. Вспомогательные помещения могут:

1) располагаться в отдельностоящих зданиях вблизи обслуживаемых или производственных зданий;

2) быть в пристроенных зданиях, расположенных вдоль продольных или торцевых стен производственных зданий;

3) быть встроенными – их располагают непосредственно в производственных помещениях.

4.3. Объемно-планировочные решения вспомогательных зданий

Объемно-планировочные решения вспомогательных зданий разрабатывают на основе унифицированных габаритных схем и типовых планировочных элементов. Планировка бытовых помещений должна исключать возможность встречных потоков работающих с максимальным приближением их бытовок к рабочим местам. В настоящее время бытовые помещения, как правило, могут быть предусмотрены или только отдельно стоящие или пристроенные к основному производственному зданию.

Унифицированные габаритные схемы имеют ширину 12 м (для пристроенных) или 18 м (для отдельно стоящих) зданий при длине 36, 48 и 60 м и числе этажей 2 – 4. Сетка колонн – 6х6 м.

Нормативная высота этажей зависит от назначения помещений и может быть 3,0, 3,3, 3,6, 4,2 и 4,8 м. Высоту этажа 3,6 или 4,2 м принимают, если не менее 60 % площади здания предназначено для размещения залов столовых и собраний площадью более 300 м^2.

Для административных зданий целесообразно применять ширину 15(6+3+6), 24 и 36 м.

Вспомогательные здания могут иметь коридорную или зальную бескоридорную систему планировки. Ширина коридоров и проходов назначается из расчета вынужденной эвакуации, но она не может быть меньше 1,4 и 1 м соответственно. Число выходов должно быть не менее 2 (по условиям эвакуации). В

качестве второго эвакуационного выхода может быть использована наружная пожарная лестница.

Расстояние от двери наиболее удаленного помещения (кроме уборных, душевых) до ближайшего выхода наружу должно быть:

- для помещений, расположенных между лестничными клетками, – 20 – 50 м,
- для помещений с выходом в тупиковый коридор – 10 – 15 м.

На 1-м этаже обычно располагают столовые, медпункты, гардеробно-душевые блоки. При размещении секций на разных этажах душевые, уборные и умывальники располагают по одним вертикалям.

Гардеробные устраивают для хранения уличной, домашней и спецодежды. Они занимают максимальный объем в составе бытовых помещений. Площадь гардероба зависит от санитарной характеристики технологического процесса, который обусловливает способ хранения одежды:

1) раздельный – для каждого вида одежды в отдельных помещениях;

2) совмещенный.

Первый применяют в тех случаях, когда производство требует особого режима по чистоте или когда совместное хранение домашней и спецодежды невозможно. Хранение одежды может быть:

1) открытым на вешалках;
2) закрытым в индивидуальных шкафах;
3) смешанным.

Шкафы изготавливают одно- или двусторонними. Односторонние шкафы бывают трех типов – открытые (без дверки), запираемые и запираемые вентилируемые. Двусторонние с общей задней стенкой изготавливают двух типов – открытые (без дверки) и запираемые. Размеры шкафов приняты (в осях): глубина 500 мм, высота 1650 мм, ширина 200, 250, 300 и 400 мм, число отделений в шкафу – 2, 3, 4, 5. Делают шкафы из металла, пластмассы или дерева с влагостойкой отделкой.

В гардеробных предусматривают скамьи шириной 250 мм. Расстояния между лицевыми поверхностями шкафов принимают:

- 2 м – при расположении скамей по обеим сторонам проходов;
- 1,4 м – при расположении скамей только по одной из сторон проходов;
- 1,0 м – в гардеробных без скамей.

Умывальные размещают в отдельных, смежных с гардеробными помещениях или непосредственно в гардеробных. До 40 % умывальников размещают в производственных цехах вблизи рабочих мест и в шлюзах при уборных для административно-конторского персонала. Применяют групповые лотковые или круглые умывальники на 5 и 10 одновременно моющихся диаметрами 0,9 и 1,4 м и индивидуальные.

Расстояние между кранами принимают не менее 0,65 м, ширину прохода между рядами умывальников – 2 м, между умывальниками и вертикальными ограждающими конструкциями – 1,5 м.

Расчетное число людей на один кран принимают от 70 до 20 человек в зависимости от группы производственного процесса.

Душевые. Число душевых сеток устанавливают в зависимости от характера технологического процесса и числа работающих в наиболее многочисленную смену. В одном помещении душевой может быть установлено не более 30 сеток.

Ширина прохода между рядами душевых кабин должна быть не менее 2 м при числе душевых кабин 6 и более и не менее 1,5 м при числе душевых кабин до 6; расстояние между кабиной и стеной равно 1,5 и 1 м соответственно. Преддушевые оборудуют скамьями шириной 0,3 м и длиной на одно место 0,4 м при расстоянии между рядами скамей не менее 1 м.

Санитарные узлы (уборные) располагают как в комплексе бытовых помещений, так и в цехах с таким расчетом, чтобы расстояние от самых удаленных рабочих мест до уборной не превышало 75 м, а от рабочих мест на пло-

щадке предприятия составляло не более 150 м. Санитарные узлы располагают на каждом этаже или через один этаж – если число работающих на двух смежных этажах не превышает 30 человек. Санузел состоит из тамбура (шлюза), в котором устанавливают умывальники – один умывальник на 4 кабины, и помещения уборной с унитазами, число которых определяется из расчета один унитаз на 15 человек работающих в самой многочисленной смене. Проход между двумя рядами кабин должен быть 1,5 – 2 м, а между рядом кабин и стеной – 1,3 м.

Комнаты приема пищи предусматривают для работающих, которые приносят пищу из дома, при численности работающих в наиболее многочисленной смене не менее 30 человек.

Расстояние от рабочих мест до столовых не должно превышать 300 м, а на производствах с непрерывным технологическим процессом – 75 м. Число мест в столовых устраивают в зависимости от числа работающих в самой многочисленной смене. Продолжительность пребывания в столовой одного человека принимают равным 20 мин, в буфете – 12 мин.

Помещения для управления. В состав этих помещений входят кабинеты начальника цеха, главного инженера и технолога, рабочие комнаты и залы совещаний. Площадь помещений для контор принимается не менее 4 м^2 на одного служащего, конструкторских бюро – 6 м^2 на один чертежный стол, для учебных занятий – 1,75 м^2 на одно ученическое место. Площадь залов собраний принимается 1,2 м^2 на одного человека при их вместимости до 100 человек, и 0,9 м^2 при вместимости свыше 100 человек.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Виды вспомогательных помещений производственных предприятий.

2. Особенности размещения вспомогательных помещений производственных предприятий.

РАЗДЕЛ 5. ОТОПЛЕНИЕ И ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

5.1. Отопление и централизованное теплоснабжение

Большая часть территории Украины расположена в местности, имеющей более холодный климат, чем в большинстве других стран. Так, например, средняя температура самого холодного месяца в некоторых столицах составляют:

Киев	– 5,9 °С	Москва	– 10,8 °С
Париж	– 2,2 °С	Ленинград	– 7,5 °С
Берлин	– 0,3 °С	Красноярск	– 17,4 °С
Нью-Йорк	+ 0,8 °С	Якутск	– 43,2 °С
Лондон	+ 4,4 °С		

Поскольку теплопотери через ограждающие конструкции зданий пропорциональны разности температур внутреннего и наружного воздуха, то расход тепла на отопление в Киеве при температуре в отапливаемых помещениях, равной 18°, при прочих равных условиях в 1,2 – 1,5 раза больший, чем в других зарубежных городах. Кроме того, продолжительность отопительного периода в Украине составляет 5 – 6 месяцев, из-за чего системы отопление должны быть мощными.

Назначение отопления. Отопительные устройства предназначены для поддерживания в отапливаемых помещениях заданных температур или для возмещения теплопотерь (через ограждающие конструкции), возникающих вследствие разности температур в отапливаемых помещениях и наружной.

Температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях установлена нормами в зависимости от происходящего в них технологического процесса (причем решающим фактором является благоприятное самочувствие людей, работающих в данном помещении). Иногда для правильного ведения техпроцесса температура должна быть выше установленных норм – например,

(в камерах брожения и расслойки на хлебозаводах) или ниже (например, в овощехранилище).

В некоторых случаях нужная внутренняя температура помещений обеспечивается действием вентиляции: при этом иногда устраивают дежурное отопление, рассчитываемое на поддержание внутренней температуры 5 – 10°С (для сохранности оборудования и производства ремонта).

Высшим пределом наружной температуры, при которой необходимо отопление, считают + 8 °С. За расчетную наружную температуру для проектирования отопления принимают среднюю температуру самой холодной пятидневки в данной местности по многолетним наблюдениям. В тех случаях, когда наружная температура будет ниже расчетной, допускается снижение температуры в помещениях ниже нормативной.

Отопление помещений устраивают местное и центральное. Под местным отоплением понимают устанавливаемое в помещении отопительное устройство, в котором все элементы (генератор тепла, трубопроводы к поверхности теплоотдачи и поверхность теплоотдачи) объединены в одном агрегате.

Виды местного отопления:

1) *печное* – в промышленных объектах его, как правило, не устраивают; применяется в теплых малоэтажных зданиях;

2) *газовое отопление* – более совершенный вид местного отопления. Для промышленных предприятий наиболее интересен инфракрасный газовый излучатель, который устанавливают на высоте не менее 3 – 3,5 м над полом. Поджигают газовоздушную смесь с помощью электрической искры. Некоторое время смесь горит пламенем около насадки, а после того, как насадка нагревается до 700 – 800 °С, уже насадка служит источником тепловой (в основном лучистой) энергии, направленной рефлектором вниз. Устройство отопления с помощью инфракрасных газовых излучателей недорого и обеспечивает полное сгорания газа. С помощью этих приборов можно организовать и локальное наружное

отопление технологического оборудования. Инфракрасные газовые излучатели питаются и сетевым, и сниженным газом из газовых баллонов.

3) *электрическое отопление* (это наиболее совершенный вид местного отопления).

Наиболее распространены электромасляные радиаторы, безопасные в пожарном отношении и обладающие хорошими санитарно- гигиеническими качествами. Емкости масляных радиаторов, образуемые металлическими листами, заполняются маслом. Внутри цилиндрической части размещается трубчатый электронагреватель.

Проектирование местного отопления сводится по существу к подбору и расстановке приборов в помещениях так, чтобы количество тепла, выделяемое всеми приборами, соответствовало расчетным теплопотерям.

Преобразовывать электрическую энергию в тепловую с целью отопления невыгодно – это в 10 раз дороже, чем использовать тепло, получаемое от ТЭЦ или котельных. Поэтому электрическую энергию для отопления используют только там, где или есть ее избыток, или куда трудно доставлять топливо.

Центральное отопление

Системы центрального отопления бывают воздушные, паровые и водяные.

Воздушное отопление применяют для обогрева зданий большого объема. При этом воздух, засасываемый вентилятором, пропускается между пластинами калориферов, обогреваемых паром или водой, нагревается до 40 – 50 °С и направляется по воздуховодам в отапливаемые помещения.

Системы *водяного* отопления устраивают с естественной и принудительной циркуляцией (циркуляция осуществляется при помощи центробежного насоса, который устанавливается на обратной магистрали). Для выпуска воздуха из системы устанавливают воздухосборник, из которого воздух выпускают через отверстие. Разводящую магистраль систем водяного отопления устанавливают или под покрытием (верхняя разводка), или в подвале (нижняя разводка). Системы водяного отопления допускают центральную и местную регулировку

нагрева температуры в помещении и они гигиеничны (на радиаторах не пригорает пыль, так как температура теплоносителя составляет всего 75 – 90 °С).

Паровые системы отопления бывают низкого (0,7 атм) и высокого давления (2 – 3 атм); температура теплоносителя превышает 100 °С. Эти системы хуже в санитарно - гигиеническом отношении (на радиаторах пригорает пыль), а регулирование температуры пара невозможно.

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Отопление производственных зданий, его виды.
2. Достоинства и недостатки воздушного, водяного и парового отопления.

РАЗДЕЛ 6. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ

6.1. Системы водоснабжения промышленных предприятий. Нормы расхода воды и требования к ее качеству

Промышленные предприятия обеспечиваются водой от городского водопровода или собственной системой водоснабжения.

Системы водоснабжения подразделяются на:

а) хозяйственно-питьевые (для питья и хозяйственных нужд);

б) производственные (технические) – для обеспечения водой промышленных предприятий;

в) противопожарные (подающие воду для тушения пожара и наиболее распространенные);

г) объединенные – предназначенные для обеспечения водой различных нужд.

Для обеспечения водой промышленных предприятий часто устраивают две системы водоснабжения: хозяйственно-питьевую и производственную; при этом их обе рассчитывают на подачу воды для тушения пожара.

В наиболее сложном случае система водоснабжения состоит из головных сооружений водопровода (принимающих воду из источников, ведущих ее очистку, хранение и подачу в сеть), наружных и внутренних (внутридомовых) водопроводов.

Помимо хозяйственных, питьевых и технологических нужд холодную воду расходуют на тушение пожаров и полив территории.

Вода на хозяйственно-питьевые нужды поступает через санитарные приборы. Качество воды характеризуется ее физическими свойствами, общим количеством растворенных солей, щелочностью, активной реакцией, окисляемостью и бактериологической загрязненностью.

В воде, употребляемой для хозяйственно-питьевых целей:

а) жесткость не должна превышать 7 мг/екв·л;

б) цветность не должна превышать 35 град. (измеряемой в градусах путем сравнения с эталоном цветности);

в) мутность (она определяется содержанием в воде взвешенных веществ, степенью их дисперсности, а также содержанием коллоидальных частиц, измеряется в [мг/л]), не должна превышать 3 мг/л;

г) вода не должна иметь высокое содержание сероводорода, кислорода и углекислоты, так как они вызывают интенсивную коррозию металла);

д) вода с содержанием сероводорода для питьевых и производственных нужд непригодна;

е) бактериальная загрязненность (число бактерий в 1 $см^3$) в 1 мг питьевой воды не должна превышать 100, а количество кишечных палочек – не более 3 на 1 л воды.

Технологические процессы предъявляют к качеству воды свои специфические требования. Так, для приготовления пищевых продуктов в пищевой промышленности вода должна отвечать требованиям стандарта на питьевую воду.

Для полива территории и тушения пожаров можно использовать воду непитьевого качества.

Главным фактором в проекте водоснабжения является определение расхода воды. Ее объем на хозяйственно-питьевые нужды определяют по норме расхода воды и коэффициенту часовой неравномерности потребления воды (отношение часового максимального к среднечасовому расходу за сутки – в пределах 125 – 420 л в сутки на 1 жителя).

Нормы расхода воды на производственные нужды (техпроцессы, мойка, охлаждение оборудования, мытье полов и т.д.) принимают в соответствии с требованиями техпроцесса (например, на переработку 1 т нефти затрачивается 1000 – 1500 $м^3$ воды).

Нормы водопотребления в производственных зданиях составляют 25 л на 1 работающего, расход воды на пользование душами в промышленных пред-

приятиях определяется по количеству душевых сеток из расчета 500 л/час на 1 сетку, время пользования душем принято 45 минут.

6.2. Основные схемы внутреннего водопровода

Производственный водопровод объединяют с хозяйственно-питьевым в тех случаях, когда он подает воду питьевого качества (например, на предприятиях пищевой промышленности).

Самой простой и часто применяемой схемой внутреннего водопровода является схема без водонапорного бака и подкачивающего насоса с нижней разводкой. Эту схему применяют лишь тогда, когда давление на вводе вполне достаточно для подачи воды на верхние этажи. Вода из наружной сети под действием имеющегося в ней давления через ввод поступает в нижнюю разводящую магистраль, далее – в стояки и через подводки – к водоразборным точкам.

Но при максимальном водоразборе давления бывает недостаточно для подачи воды на верхние этажи. В этих случаях применяют схему с водонапорным баком, расположенным над всеми водоразборными точками.

Для обеспечения водой высоких зданий на вводе устанавливают подкачивающие центробежные насосы; включение электродвигателей происходит автоматически при давлении ниже требуемого.

С целью повышения надежности работы внутренних водопроводов вместо тупиковых схем применяют кольцевые. При аварии в такой сети можно выключить аварийный участок, не прекращая подачу воды в остальной части водопровода. Кольцевые сети предусматривают части там, где требуется бесперебойная подача воды.

Кольцевые сети крупных промышленных предприятий необходимо присоединять к наружной сети не менее чем 2-мя вводами.

Расчетный расход воды Q, [л/сек], в трубах определяют по секундному ее расходу в водоразборных точках при их одновременном действии по формуле:

$$Q = \sum q_n \cdot n \cdot p / 100, \qquad (6.1)$$

где q_n – расчетный расход воды одной водоразборной точкой, л/сек;

n – количество однотипных водоразборных точек;

p – процент одновременного действия этих точек.

Секундный расход водоразборных точек принимают по данным технического проекта, а санитарных приборов – по нормам:

а) кран раковины – 0,2 л/с;

б) кран мойки – 0,3 л/с;

в) бачок унитаза – 0,1 л/с;

г) кран лабораторной раковины – 0,1 л/с.

При расчете трубопроводов следует учитывать, что скорости движения воды в стальных трубах водопроводных сетей при хозяйственно-питьевом водозаборе не должны превышать:

- в магистралях и стояках – 1,5м/с;

- в подводках к водопроводным точками – 2,5 м/с;

- при производственном водозаборе в магистралях и стояках – не более 1,2 м/с.

Диаметр труб, подводящих воду к отдельным санитарным при борам и водопроводным кранам, следует принимать:

- для кранов умывальников, смывных бачков унитазов, кранов лабораторных раковин – диаметр условного прохода d = 10 – 15мм;

- для кранов у раковин, кранов у лабораторных моек d = 15 мм;

- для кранов смывных у унитазов d = 25 – 32 мм;

- для поливочных кранов d = 20 – 32 мм;

- для душей d = 15 мм.

6.3. Оборудование, применяемое для подачи воды

Внутренние сети, подающие воду питьевого качества, монтируются из стальных оцинкованных или пластмассовых (полиэтиленовых труб).

Для воды непитьевого качества допускается применение стальных неоцинкованых труб.

Магистральные водопроводные сети внутри зданий прокладывают открыто, с уклоном не менее 0,002 (для опорожнения труб). В нижних точках сетей предусматриваются спускные устройства.

При прокладке в помещениях, где температура может опускаться ниже 0 ˚С, предусматривают теплоизоляцию труб (теплоизоляция нужна также при прокладках водопроводных труб в помещениях с повышенной влажностью – для предотвращения конденсации влаги из воздуха на холодной поверхности труб).

На трубопроводах отдельных участков в сети и у приборов устанавливают запорную арматуру (вентили), а в местах потребления воды – водоразборную арматуру.

Основное оборудования внутренних водопроводов состоит из:

- водомеров (для замера расхода воды); вокруг водомера устраивают обводную линию;

- подкачивающих и пожарных насосов (их устанавливают с электродвигателями на одной оси и с установкой резервных агрегатов). Поскольку насосы шумны, их устанавливают на звукоизолированных основаниях в отдельных помещениях;

- водонапорные баки (выполненные из листовой стали) – размещают на чердаках или верхних этажах здания, при этом высота этажа должна быть не менее 2,2 м. Расстояние от верхней крышки бака до потолка – не менее 0,6м, а минимальное расстояние между баками и строительными конструкциями – 0,5 – 1 м. Температура воздуха в помещении должна быть не ниже +2 ºС, помещение должно иметь вентиляцию и освещение.

Устанавливают баки на поддоны, соединенные с канализацией (для исключения протечки воды на перекрытие). Эти баки можно использовать также для хранения неприкосновенного запаса воды на тушение пожара (он должен

обеспечивать 10-ти минутный расход пожарными кранами при максимальном водозаборе за это время на другие нужды).

Наружные водопроводные сети сооружают из стальных, чугунных, железобетонных, асбестоцементных и пластмассовых труб, которые прокладывают в грунте ниже его глубины промерзания. По схеме начертания их разделяют на тупиковые и кольцевые.

Тупиковая сеть не может гарантировать бесперебойной подачи воды на всех участках. В кольцевой сети аварийный участок отключается задвижками, а подача воды в трубы, находящиеся по ходу воды за аварийным участком, ведется с другого направления.

6.4. Горячее водоснабжение

Потребителями горячей воды являются многие технологические процессы и бытовые санитарные приборы. Температура подающейся горячей воды не должна превышать 75 ºС (во избежание ожога), и не должна быть ниже 60 ºС.

Горячее водоснабжение бывает централизованным или от местных водоподогревателей (электрических, газовых или работающих на твердом или жидком топливе).

Наиболее простой схемой горячего водоснабжения является схема с нижней разводкой. В ней поступающая вода подогревается и подается в водоразборные точки. Идентично работает схема с верхней разводкой. Используют также схему с баком-аккумулятором, располагаемым выше всех точек водоразбора. Расход горячей воды определяется нормами и параметрами технологического процесса и режимами работы оборудования.

Поступающая в систему горячая вода содержит кислород, который при температуре выше 50 – 60 ºС окисляет железо, что является причиной коррозии стальных трубопроводов.

Для устранения коррозии применяют:

- оцинкованные стальные трубы, которые соединят оцинкованными фитингами и сваривают в среде углекислого газа;

- полипропиленовые трубы или стальные, футерованные внутри полиэтиленом;

- снижение температуры воды до 45 – 50 ºС;

- фильтрацию воды через сталестружечные фильтры;

- химическую и вакуумную деаэрацию воды (ее разбрызгивают при температуре, близкой к кипению);

- искусственно повышают жесткость воды (проводят ее известкование).

6.5. Канализация

Канализация представляет собой систему устройств и сооружений, предназначенных для приема, отведения, очистки и сброса в водоемы сточных вод.

Система канализации состоит из внутренней канализации (которая включает в себя приемники сточных вод и внутренние сети) и наружной сети (дворовая и городская сеть), очистных сооружений и водосброса.

Различают следующие системы канализации:

- общесплавная (принимает все воды);

- раздельная (имеет две параллельных сети – ливневую и хозяйственно-бытовую).

Во втором случае очистные сооружения имеют меньшие размеры, так как их рассчитывают только на производственные и хозяйственно-бытовые воды.

Сточные воды поступают во внутреннюю сеть через приемники сточных вод (например, раковины), оборудованные гидравлическими затворами (U-образными трубками, которые всегда заполнены поступающей из санитарного прибора водой – для предотвращения поступления газов и запахов из канализационной сети в помещение). Все приемники сточных вод должны быть обеспечены промывочными устройствами от водопровода.

Внутренние канализационные сети монтируют из раструбных чугунных, пластмассовых или асбестоцементных канализационных труб и фасонных час-

тей. При этом прямой конец трубы вставляют в раструб и герметизируют (смоляным канатом, расширяющимся цементом или силиконовым герметиком).

Канализационные стояки прокладывают вертикально, а отводные трубы – под уклоном i = 0,005 – 0,0025; допускается максимальный уклон 0,15. Отводные трубы прокладывают над полом. Наполнение труб не должно превышать 0,5 – 0,8 диаметра трубы.

Канализационные стояки присоединяют к смотровым канализационным колодцам. Сверху стояки сообщаются с атмосферой через вентиляционные трубы. Эти трубы выходят за пределы кровли и являются продолжением стояков. Через них происходит вентиляция всей канализационной системы.

Для отвода ливневых вод с кровель промышленных зданий предусматривают внутренние водостоки.

Наружная канализационная сеть состоит из канализационных труб (минимальный диаметр 150 мм) и канализационных колодцев (кирпичных, бетонных или железобетонных). Минимальное расстояние между колодцами для труб диаметром 150 – 600 мм равно 50м. Прокладывают наружные канализационные трубы ниже уровня промерзания грунта.

Контрольные вопросы к разделу 6

1. Системы водоснабжения производственных предприятий.

2. Какие требования предъявляются к воде, употребляемой для хозяйственно-питьевых целей?

3. Наиболее распространенные схемы внутреннего водопровода.

4. Оборудование, применяемое для подачи воды.

5. Горячее водоснабжение и борьба с коррозией в системах горячего водоснабжения.

6. Особенности устройства канализации на производственных предприятиях.

РАЗДЕЛ 7. РАСЧЕТ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

7.1. Общие положения

Бетоны – это искусственные конгломераты, получаемые в результате затвердевания правильно подобранной смеси из вяжущего вещества, воды, заполнителей и добавок.

Бетоны классифицируются по следующим признакам:

1) основному назначению;

2) виду вяжущего;

3) виду заполнителей;

4) структуре.

В зависимости от основного назначения бетоны подразделяются на:

а) конструкционные;

б) специальные (жаркостойкие, химически стойкие, декоративные, радиационно-защитные, теплоизоляционные и др.).

По виду вяжущего бетоны могут быть на основе:

а) цементных вяжущих;

б) известковых вяжущих;

в) шлаковых вяжущих;

г) гипсовых вяжущих;

д) специальных вяжущих.

По виду заполнителей бетоны могут быть на:

а) плотных заполнителях;

б) пористых заполнителях;

в) специальных заполнителях.

По структуре бетоны могут быть:

а) плотной структуры;

б) поризованной структуры;

в) ячеистой структуры;

г) крупнопористой структуры.

Проектирование состава тяжелого бетона состоит в расчете соотношения между составляющими бетон материалами-цементом, водой, песком, щебнем или гравием (крупным заполнителем), т.е. такой расход материалов на 1м^3 бетонной смеси, при котором наиболее экономично обеспечивается получение удобоукладываемой бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения , приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента, а в ряде случаев необходимой морозостойкости, водонепроницаемости и специальных свойств.

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов по массе на 1 м^3 уложенной и уплотненной бетонной смеси или же соотношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента, принимаемой за единицу, т.е 1: X : Y (цемент : песок : щебень или гравий, или плотный шлак) при водоцементном отношении В/Ц = Z . Например, в первом случае состав бетона; цемента – 290 , песка – 650, щебня – 1290 ,воды – 180 кг/м^3, а во втором случае 1: 2,24 : 4,45 при В/Ц= 0,62.

Различают два состава бетона: номинальный (лабораторный), рассчитанный для материалов в сухом состоянии, и производственный (полевой) – для материалов в естественно-влажном состоянии. Существует несколько методов расчета состава тяжелого бетона. Наиболее простой из них – метод расчетов по «абсолютным объемам». В его основу положено условие, что свежеприготовленная бетонная смесь, уложенная в форму или в опалубку и уплотненная в ней не будет иметь пустот.

Состав бетона по методу «абсолютных объемов» рассчитывают в два этапа, между которыми проводят пробный замес. Вначале производят ориентировочный расчет состава бетона, затем его проверяют и уточняют с учетом результатов пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные : заданную марку $R_б$ или класс бетона В, или прочность $R_п$, достаточных

для распалубки, перевозки и частичной загрузки конструкций; требуемую удобоукладываемость бетонной смеси, определяемую осадкой конуса ОК, см; а так же характеристику исходных материалов – вид и активность цемента $R_ц$, среднюю плотность составляющих $Y_{оц}$,$Y_{мз}$, $Y_{кз}$ и их истинную плотность $\rho_ц$, $\rho_{мз}$, $\rho_{кз}$, пустотность щебня (гравия , шлака) $V_{кз}$, наибольшую крупность их зерен d_{max} , и влажность заполнителя $W_{мз}$, $W_{кз}$. Качество бетона нельзя достаточно точно установить по его средней прочности или марке, в связи с тем, что на практике всегда наблюдается отклонение от этой величины. Более полное суждение о нем можно сделать при одновременном учете средней прочности бетона и его однородности, определяемой на основе статистического анализа коэффициентом вариации прочности $V_В$, который равен отношению среднего квадратического отклонения отдельных результатов испытаний прочности бетона к его средней прочности. Коэффициент вариации $V_В$ прочности бетона колеблется от 0,05 до 0,2. Чем выше однородность бетона, тем с большей надежностью получают его заданную прочность. Снижением коэффициента вариации обеспечивают экономию цемента.

Нормативная прочность бетона в соответствии с учетом требований СНиП 2.03.01-84 характеризуется классами *В*. Класс бетона определяется величиной гарантированной прочности на сжатие с обеспеченностью 0,95. Для перехода от класса бетона *В* к средней прочности МПа, следует применять формулу

$$R_б = \frac{B}{(1-1{,}64V_в)}, \qquad (7.1)$$

где $R_б$ – марочная прочность;

В – класс бетона;

$V_В$ – коэффициент вариации прочности.

Для определения прочности на *n*-день (в любой срок) или достаточной для распалубки и частичной загрузки конструкции (обычно 70 % марки) используют формулу

$$R_n = R_{28}\frac{\lg n}{\lg 28} \qquad \text{или} \qquad R_{28} = R_n\frac{\lg_{28}}{\lg_n}, \tag{7.2}$$

где R_n – прочность бетона в возрасте n сут., МПа (кгс/см^2);

R_{28} – то же,в возрасте 28 сут. МПа (кгс/см^2);

n- число суток твердения бетона (не менее трех).

7.2. Расчет состава тяжелого бетона

Состав бетона рассчитывают в следующем порядке: вычисляют водоцементное отношение, расход воды и цемента, после чего определяют расходы крупного и мелкого заполнителя на 1 м^3 бетонной смеси .

1. Водоцементное отношение вычисляют исходя из требуемой марки бетона, активности цемента и с учетом вида и качества заполнителей:

$$R_б = AR_ц\left(\frac{Ц}{В} \pm 0{,}5\right), \tag{7.3}$$

где $R_б$ – марка бетона, (МПа);

$R_ц$ – активность цемента;

A – коэффициент, учитывающий качество материалов.

Знак “+” принимается для бетонов с В/Ц <0,4 , знак “–” – для бетонов с В/Ц $\geq$ 0,4 . В дальнейших расчетах используется формула (7.3) для В/Ц$\geq$ 0,4.

После преобразования относительно В/Ц формула имеет следующий вид:

$$\frac{В}{Ц} = \frac{AR_ц}{R_б + 0{,}5AR_ц} \tag{7.4}$$

или

$$\frac{В}{Ц} = \frac{R_б}{AR_ц} + 0{,}5, \tag{7.4}$$

2. Расход воды (водопотребность л/м^3) ориентировочно определяют исходя из заданной удобоукладывемости бетонной смеси по табл. 7.1, которая составлена с учетом вида и крупности заполнителя.

Расход воды в зависимости от удобоукладываемости и крупности заполнителя (см. табл. 7.1) представим в виде эмпирической формулы:

$$B = 185\text{-}15(\theta\text{-}1)+3{,}3(\text{ОК-}1), \qquad (7.5)$$

Таблица 7.1 – Водопотребность бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси			Расход воды, кг/м^3 ,при наибольшей крупности заполнителя, мм					
Осадка конуса, см	Жесткость, с		Гравия			Щебня		
	По ГОСТ 10181.1-81	По техническому вискозиметру	10	20	40	10	20	40
0	31	120-90	150	135	125	160	145	135
0	30-20	80-60	160	145	130	170	155	145
0	20-11	50-30	165	150	135	175	160	150
0	10-5	15-30	175	160	145	185	170	155
1-2	-	-	185	170	155	195	180	165
3-4	-	-	195	180	165	205	190	175
5-6	-	-	200	185	170	210	195	180
7-8	-	-	205	190	175	215	200	185
9-10	-	-	215	200	185	225	210	195

θ=1,если d_{max}=10;

θ=2,если d_{max}=20;

θ=3,если d_{max}=40;

θ=4,если d_{max}=70.

Примечание. Данные таблицы приведены для бетонной смеси на портландцементе и песке средней крупности. При использовании пуццоланового портландцемента расход воды увеличивается на 20 кг/м^3;в случае применения

мелкого песка взамен среднего также увеличивается на 10 кг, а при использовании крупного песка уменьшается на 10 кг.

3. Расход цемента на 1м^3 бетона вычисляют по уже известному цементно-водному отношению (Ц/В) и величине водопотребности бетонной смеси В:

$$Ц = \frac{Ц}{В} В. \qquad (7.6)$$

Если расход цемента на 1м^3 бетона окажется меньше минимально допустимого (меньше 200 кг/м^3), то из условия получения плотного бетона количество цемента увеличивают до требуемой нормы в соответствии со СНиП 5.01.23-83 «Типовые нормы расхода цемента для приготовления бетонов для сборных и монолитных бетонных изделий и конструкций».

4. Расход мелкого и крупного заполнителей для бетонов вычисляют исходя из двух условий:

а) сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1000 л (1 м^3) уплотненной смеси, т.е.

$$\frac{Ц}{\rho_Ц} + \frac{В}{\rho_В} + \frac{МЗ}{\rho_{МЗ}} + \frac{КЗ}{\rho_{КЗ}} = 1000, \qquad (7.7)$$

где Ц, В, МЗ, КЗ –расход цемента, воды, песка и щебня (гравия, шлака), кг/м^3;

$\rho_Ц, \rho_В, \rho_{МЗ}, \rho_{КЗ}$ – истинная плотность этих материалов, кг/м^3

$\frac{Ц}{\rho_Ц} + \frac{В}{\rho_В} + \frac{П}{\rho_П} + \frac{Щ_{(г,ш)}}{\rho_{Щ_{г,ш}}} = 1000$ – абсолютные объемы материалов, м^3;

б) цементно-песчаный раствор наполняет пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен, т.е.

$$\frac{Ц}{\rho_Щ} + \frac{В}{\rho_В} + \frac{МЗ}{\rho_{МЗ}} = V_{КЗ} \cdot КЗ \frac{\alpha}{\gamma_{КЗ}}, \qquad (7.8)$$

где $V_{кз}$- пустотность щебня (гравия, шлака) в рыхлом состоянии;

$\gamma_{кз}$-средняя (насыпная)плотность щебня(гравия, шлака), кг/м^3 ;

α-коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия, шлака) для пластичных смесей; принимают по табл.7.2 и формулам (7.9) и (7.10):

$$\alpha = 1{,}18+0{,}001(Ц-200) \quad \text{при ОК}\leq 4\text{ см}; \tag{7.9}$$

$$\alpha = 1{,}22+0{,}38\frac{Ц-200}{300} \quad \text{при ОК}>4\text{ см}. \tag{7.10}$$

Таблица 7.2 – Значения коэффициента α для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м^3	Коэффициент при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,3	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,4	1,46	-	-	-

Примечание. При других значениях Ц и В/Ц коэффициент находят интерполяцией

Решая совместно уравнения (7.7) и (7.8),находят формулу для определения расхода крупного заполнителя (щебня, гравия, шлака) на 1000 л (1м^3):

$$КЗ = \frac{1000}{V_{КЗ}\dfrac{\alpha}{\gamma_{ОКЗ}} + \dfrac{1}{\rho_{КЗ}}}. \tag{7.11}$$

После определения расхода крупного заполнителя рассчитывают расход песка, кг/м^3,как разность между проектным объемом бетонной смеси и суммой абсолютных объемов цемента, воды и крупного заполнителя:

$$МЗ = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + В + \frac{КЗ}{\rho_{КЗ}}\right)\right]\rho_{МЗ}. \tag{7.12}$$

5. Пробный замес и проверка подвижности бетонной смеси. После произведенного ориентировочного расчета состава бетона готовят пробный замес бетонной смеси объемом 30 – 50 л и определяют ее подвижность или жесткость.

Если бетонная смесь получилась менее подвижной, чем требуется, то увеличивают количество цемента и воды без изменения цементно-водного (водоцементного) отношения. Если подвижность больше требуемой, то добавляют небольшими порциями песок и крупный заполнитель,сохраняя их соотношения постоянными. Таким путем добиваются заданной подвижности или жесткости бетонной смеси.

Определяют плотность бетонной смеси $\gamma_{бс}$, при изготовлении контрольных образцов-кубов, взвешивая пустую форму и форму с уплотненной в ней бетонной смесью. Из приготовленной бетонной смеси заданной подвижности изготовляют контрольные образцы-кубы размерами 150х150х150 мм, которые испытывают для установления заданной марочной прочности (или класса бетона) на сжатие через 28 сут. нормального твердения или в другие заданные промежуточные сроки(на n-суток) с использование логарифмической зависимости:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28}, \qquad (7.13)$$

где R_n – предел прочности бетона при сжатии в любом возрасте ;

$\lg n$ – десятичный логарифм возраста бетона;

R_{28} – предел прочности бетона при сжатии в возрасте 28 сут.

Для последующего расчета на ЭВМ передают расход материалов на пробный замес($Ц_з$, $В_з$, $П_з$, $Щ_{(Г,Щ)З}$) и искомую плотность бетонной смеси, $\gamma_{бс}$

6. Уточнение ориентировочного состава бетона после пробного замеса.

По результатам пробного замеса, испытаний контрольных образцов-кубов вносят коррективы в ориентировочный состав бетона. При этом учитывают фактическую влажность заполнителей и пересчитывают номинальный состав бетонной смеси на производственный. При таком пересчете количество влажных заполнителей увеличивают настолько, чтобы содержание в них сухого материала равнялось расчетному, а количество вводимой в замес воды уменьшают на величину, равную количеству воды в заполнителях.

7. Водоцементное отношение определяют по формуле

$$\frac{В}{Ц} = \frac{В_З}{Ц_З}. \qquad (7.14)$$

8. Номинальный (лабораторный) состав бетона по массе вычисляют путем деления расхода каждого компонента бетона в сухом состоянии на расход цемента

$$\frac{Ц_З}{Ц_З} : \frac{П_З}{Ц_З} : \frac{Щ_{(г,щ)З}}{Ц_З} = 1 : \frac{П_З}{Ц_З} : \frac{Щ_{(г,щ)З}}{Ц_З}, \qquad (7.15)$$

где $Ц_З$ $В_З$ $П_З$.$Щ_{(г,щ,)З}$ -расход материалов на замес по массе, кг.

Обозначим

$$\frac{П_З}{Ц_З} = X, \qquad \frac{Щ_{(г,щ)З}}{Ц_З} = Y. \qquad (7.16)$$

Тогда номинальный состав 1:*X*:*Y*.

9. Производим корректировку ориентировочного состава бетона на основе данных пробного замеса на 1 м^3:

а) расход цемента:

$$Ц = \frac{\gamma_{бс}}{1 + \frac{В}{Ц} + X + Y}, \qquad (7.17)$$

где Ц – расход цемента ,кг/м^3;

В/Ц – водоцементное отношение;

$\gamma_{бс}$ – плотность бетонной смеси, кг/м^3;

б) расход воды:

$$В = Ц \cdot В/Ц; \qquad (7.18)$$

в) расход песка:

$$П = Ц \cdot X; \qquad (7.19)$$

г) расход щебня (гравия, шлака):

$$Щ_{(гш)} = Ц \cdot Y \qquad (7.20)$$

10. Проверка прочности образцов в заданный срок(n < 28 сут.) определяется по формуле (7.2).

11. Коэффициент выхода бетона β устанавливают по формуле

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\gamma_{оп}} + \frac{П}{\gamma_{оп}} + \frac{Щ_{(г,ш)}}{\gamma_{ощ(г,ш)}}}, \qquad (7.21)$$

где Ц, П, $Ш_{(г,ш)}$ – расход цемента, мелкого и крупного заполнителя, кг/м^3;

$\gamma_{оп}, \gamma_{оп}, \gamma_{ощ(г,ш)}$ – средняя насыпная плотность соответственно цемента, песка, щебня (гравия, шлака).

12. Производственный (полевой) состав бетона по массе определяют с учетом влажности заполнителей:

$$В_П = П \cdot W_П, \qquad (7.22)$$

$$В_{щ(г,ш)} = Щ_{(г,ш)} \cdot W_{щ(г,ш)}, \qquad (7.23)$$

где $В_П$, $В_{щ(г,ш)}$ – содержание воды в песке и крупном заполнителе, кг/м^3;

$W_П$, $W_{щ(г,ш)}$ – влажность мелкого и крупного заполнителя в относительных единицах;

П и $Щ_{(г,ш)}$ – расход песка и щебня (гравия, шлака), кг.

Действительный расход воды на 1 определяют по формуле:

$$В_р = В - В_п - В_{щ(г,ш)}. \qquad (7.24)$$

Для сохранения массы заполнителя увеличивают его расход соответственно с массой содержащейся в нем воды:

$$П_в = П + В_п, \qquad (7.25)$$

$$Щ_{(г,ш)в} = Щ_{(г,ш)} = В_{щ(г,ш)}, \qquad (7.26)$$

где $П_в$, $Щ_{(г,ш)в}$ – уточненный расход влажного крупного и мелкого заполнителей, кг, в рабочем составе бетона.

Производственный (полевой) состав бетона по массе вычисляют путем деления откорректированного расхода каждого компонента бетонной смеси на неизменяемый расход цемента:

$$\frac{Ц}{Ц}:\frac{П_В}{Ц}:\frac{Щ_{(г,щ)в}}{Ц}=1:\frac{П_в}{Ц}:\frac{Щ_{(г,щ)в}}{Ц}.$$

Обозначим

$$\frac{П_В}{Ц}=X_1, \tag{7.27}$$

$$\frac{Щ_{(г,щ)в}}{Ц}=Y_1, \tag{7.28}$$

тогда производственный (полевой) состав 1 : X_1 Y_1.

13. Расчет дозировки составляющих бетонной смеси на один замес бетоносмесителя определенного объема с учетом найденного коэффициента выхода бетона выполняют по следующим формулам, кг/м^3:

$$Ц_\mu=\frac{\beta\cdot\mu}{1000}Ц, \tag{7.29}$$

$$В_\mu=\frac{\beta\cdot\mu}{1000}В_р, \tag{7.30}$$

$$П_\mu=\frac{\beta\cdot\mu}{1000}П_в, \tag{7.31}$$

$$Щ_{(г,щ)\mu}=\frac{\beta\cdot\mu}{1000}Щ_{(г,щ)в}, \tag{7.32}$$

где $Ц_\mu$, $В_\mu$, $П_\mu$, $Щ_{(г,ш)\mu}$ – соответственно масса цемента, воды, песка, щебня (гравия, шлака), кг, требуемая на замес бетоносмесителя с барабанным объемом μ, л;

Ц , $В_р$, $П_В$, $Щ_{(г,ш)в}$ – расход материалов с естественной влажностью на 1 бетона,кг.

Для проверки расчетов следует использовать формулу

$$\frac{Ц_\mu}{\gamma_{оп}}+\frac{П_\mu}{\gamma_{оп}}+\frac{Щ_{(г,ш)\mu}}{\gamma_{ощ(г,ш)}}+В_\mu\le\mu. \tag{7.33}$$

7.3. Задание и порядок его выполнения

1. Ознакомиться с постановкой задачи и методами ее решения.

2. Получить у преподавателя индивидуальную задачу:
исходные данные для расчета, прочность бетона $R_б$ или класс бетона В, или прочность бетона на *n*-день твердения, а также требуемую удобоукладываемость (ОК); лабораторную характеристику применяемых материалов (цемента, воды, мелкого и крупного заполнителей).

Контрольные вопросы к разделу 7

1. Что такое бетон? Из каких материалов его изготавливают?
2. Классификация бетонов по плотности.
3. Марки и классы тяжелых бетонов.
4. Какие требования предъявляются к песку, предназначенному для приготовления бетона?
5. Какие требования предъявляют к крупному заполнителю?
6. Какие факторы влияют на прочность бетона?
7. Как определить подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси. Какие факторы влияют на эти свойства?
8. Воспроизведите схему расчета состава тяжелого бетона.
9. Как подсчитать расход материала на определенную емкость бетоносмесителя, зная номинальный состав бетона по массе?
10. Как и для каких целей определяют коэффициент выхода бетонной смеси?
11. Назовите основные свойства тяжелого бетона.
12. В чем заключается контроль качества бетонной смеси и бетона?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наназашвили И.Х. Строительные материала и изделия/ И.Х. Наназашвили. – М.: Аделант, 2006. – 479 с.
2. Путилин А.С. Основы строительного дела/ А.С. Путилин. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
3. Аханов В.С. Справочник строителя/ В.С. Аханов. – Феникс, 2007. – 496 с.
4. Зинева Л.А. Справочник инженера-строителя/ Л.А. Зинева. – Ростов на Дону : Феникс, 2002. – 544 с.
5. Зинева Л.А. Справочник. Общестроительные и отделочные работы/ Л.А. Зинева. – Ростов на Дону : Феникс, 2006. – 537 с.
6. Баринов В.В. Справочник современного строителя/ В.В. Баринов, В.И. Рыженко. Технологии – М.: ОНИКС 21 век, 2005. – 368 с.
7. Алимов Л.А. Технология производства неметаллических строительных изделий и конструкций/ Л.А. Алимов. – М.: ИНФА-М, 2005. – 443 с.
8. Масленниковой Г.И. Керамические материалы/ Г.И. Масленникова. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.
9. Буренин В.А. Основы промышленного строительства и санитарной техники/ В.А. Буренин. – М.: Высш. шк., 1994. – 330 с.
10. Байков В.Н. Железобетонные конструкции/ В.Н. Байков, Э.В. Сигалов. – М. : Стройиздат, 1991. – 546 с.
11. Дворкін Л.Й. Бетони і будівельні розчини/ Л.Й. Дворкін. – К.: Основа, 2008. – 448 с.
12. Штарк И. Цемент и известь/ И. Штарк. – Киев. : Б.н., 2008. – 480 с.
13. Ушеров-Маршак О.В. Бетони і сухі будівельні суміщі/ О.В. Ушеров-Маршак. – Харків: Колорит, 2010. – 104 с.
14. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів/ В.В. Атаманюк. – К.: КОНДОР, 2006. – 526 с.
15. Ящинин Й.М. Технологія скла : навч. посібник/ Й.М. Ящинин. – Львів: Бескид БИТ, 2004. – 250 с.

16. Новиков В.У. Полимерные материалы для строительства/ В.У. Новиков. – М.: Высш. шк., 1995. – 448 с.
17. Потапов Ю.Б. Эффективные полимербетоны для коррозионностойких строительных конструкций/ Ю.Б. Потапов. – Воронеж: ВГАСУ, 2001. – 124 с.
18. Худяков В.А. Современные композиционные строительные материалы/ В.А. Худяков. – Ростов на Дону, 2007. – 220 с.
19. Яковлев С.В. Канализация/ С.В. Яковлев, Ю.М. Ласков. – М.: Стройиздат, 1987. – 319 с.
20. СНиП II.-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1981. – 33 с.
21. СНиП I.01.01-82-1.01.03-82. Система нормативных документов в строительсве: основные положения. – М.: Стройиздат, 1983. – 33 с.
22. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 16 с.
23. СНиП 2.09.04 – 87. Административные и бытовые здания. – М.: Госстройком СССР, 1989. – 16с.
24. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
25. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Госстройиздат, 1986. – 190 с.
26. СНиП 2.03.13-88. Полы. – Госстройком СССР, 1989. – 17 с.
27. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 39 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ ……..... 3

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Промышленные здания ……...…..…… 4

1.1.1. Понятие о здании и сооружении ……..... 4

1.1.2. Классификация промышленных зданий и сооружений …..... 5

1.1.3. Требования, предъявляемые к зданиям. Физический и моральный износ …….……... 8

1.2. Унификация и типизация производственных зданий и их элементов …….…….. 8

1.3. Общие принципы объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий ……..…… 9

1.4. Организация строительно-монтажных работ ……..... 13

Контрольные вопросы к разделу 1 ……...……..... 22

РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. Каменные материалы ……..... 23

2.1.1. Классификация горных пород ……..... 23

2.1.2. Виды и назначение природных каменных материалов, применяемых в строительстве …….……..... 25

2.2. Древесные материалы ……... 26

2.2.1. Свойства древесины ……..……. 26

2.2.2. Виды древесных материалов, применяемых в строительстве……..……...….. 29

2.2.3. Сушка древесины, защита от гниения и возгорания ……... 31

2.3. Керамические материалы и изделия …….....……. 33

2.3.1. Классификация керамических материалов, их свойства ……..….. 33

2.3.2. Общая схема производства керамических изделий ……...……. 35

2.3.3. Основные виды керамических изделий, применяемые
в строительстве ...……..……..……..... 36
2.4. Стекло и плавленые изделия ……...……...…….. 41
2.5. Лакокрасочные материалы ……...……...…. 42
2.6. Асбестоцементные изделия ……...……...… 45
2.7. Металлы и металлические изделия ……...……...… 46
2.8. Неорганические минеральные вяжущие материалы …….....…... 47
2.8.1. Воздушные вяжущие ……...……... 48
2.8.2. Гидравлические вяжущие вещества ……..……... 55
2.9. Полимерные материалы ……...…….…… 60
2.9.1. Полимерные связующие ……...……. 60
2.9.2. Каучуки и каучукоподобные полимеры ……...…… 69
2.9.3. Природные органические полимеры ……...……. 69
2.9.4. Полимерные бетоны, растворы и мастики ……...…… 72
Контрольные вопросы к разделу 2 ..…….……..……. 74

РАЗДЕЛ 3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ

3.1. Основания зданий и сооружений, их виды ……...……..……..... 76
3.1.1. Естественные основания ……..…..……. 76
3.1.2. Искусственные основания ……..……...…… 78
3.1.3. Свайные основания …….……...…… 78
3.2. Виды фундаментов. Фундаменты под колонны, несущие стены
и машины с динамическими нагрузками ….……... 80
3.3. Каркас промышленных зданий …….……... 84
3.3.1. Железобетонный каркас одноэтажных зданий ……...……. 84
3.3.2. Основные элементы каркаса производственных зданий
и их назначение ……...…….. 85
3.3.3. Колонны, их классификация, виды и основные
типоразмеры ……..……. 87

3.3.4. Фундаментные и подкрановые балки ……..…...…….. 90
3.3.5. Железобетонный каркас многоэтажных промышленных зданий ……...…… 91
3.3.6. Условия применения стальных конструкций для каркасов одноэтажных промышленных зданий ……..……... 95
3.3.7. Железобетонные несущие конструкции покрытия, их виды и типы ……..……...…… 102
3.3.8. Несущие элементы ограждающей части покрытия …….....….. 107
3.3.9. Легкосбрасываемые покрытия ……...……... 108
3.4. Стены промышленных зданий ……..……... 109
3.4.1. Несущие, навесные и самонесущие стены. Требования, предъявляемые к стенам промышленных зданий …….…… 109
3.4.2. Фахверк, его назначение и устройство ……..……...……... 110
3.4.3. Стены из кирпича ……..……. 111
3.4.4. Стены из крупных блоков ……...……... 113
3.4.5. Стены из крупных панелей ……...……. 114
3.4.6. Стеновые ограждения из асбестоцементных листов ……..… 116
3.4.7. Внутренние стены и перегородки ……..…….…….. 116
3.5. Кровли промышленных зданий ……..……. 117
3.6. Полы промышленных зданий …….…….. 121
3.7. Окна, двери, ворота, фонари …….……...…… 128
3.7.1. Окна производственных зданий …… 128
3.7.2. Ворота и двери …… 129
3.7.3. Устройства для верхнего освещения и аэрации …….……. 131
3.8. Лестницы, их виды и устройство ……...…….. 135
Контрольные вопросы к разделу 3……...…...……. 136
РАЗДЕЛ 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
4.1. Виды вспомогательных помещений и их назначение…….……... 138

4.2. Требования, предъявляемые к размещению вспомогательных помещений промышленных предприятий …….…. 140
4.3. Объемно-планировочные решения вспомогательных зданий ….……. 141
Контрольные вопросы к разделу 4…….…….. 144

РАЗДЕЛ 5. ОТОПЛЕНИЕ И ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

5.1. Отопление и централизованное теплоснабжение ……..……...…. 145
Контрольные вопросы к разделу 5 ……...……..……. 148

РАЗДЕЛ 6. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ

6.1. Системы водоснабжения промышленных предприятий. Нормы расхода воды, требования к ее качеству ……...…… 149
6.2. Основные схемы внутреннего водопровода ……...…… 151
6.3. Оборудование, применяемое для подачи воды ……..…… 152
6.4. Горячее водоснабжение ……... 154
6.5. Канализация ……...……...…. 155
Контрольные вопросы к разделу 6 ……...……...…… 156

РАЗДЕЛ 7. РАСЧЕТ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

7.1. Общие положения……...……...…… 157
7.2. Расчет состава тяжелого бетона ……...…… 160
7.3. Задание и порядок его выполнения ……...……. 167
Контрольные вопросы к разделу 7 ……...……...…… 168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ …….....…...…….. 169
СОДЕРЖАНИЕ ……...……..... 171

Навчальне видання

КРИВІЛЬОВА Світлана Павлівна,
РАССОХА Олексій Миколайович

Основы промышленного строительства
и санитарной техники

Навчальний посібник

для студентів спеціальності «Обладнання
переробних і харчових виробництв»,
у тому числі для іноземних студентів

Російською мовою
Відповідальний за випуск проф. Шапорев В.П.
Роботу до видання рекомендувала М.Г. Зінченко
В авторській редакції

План 2013 р., поз. 98 Наклад прим. 50

НТУ «ХПІ» 61002, вул. Фрунзе, 21